

Aus der Neurochirurgischen Klinik
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Prof.Dr.Dr.h.c. K. Schürmann)

EIN BEITRAG ZUM PROBLEM DER OPERATIVEN VERSORGUNG
DER TRAUMATISCHEN PARESE DES PLEXUS BRACHIALIS

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von

Dieter Wagner
aus
Ochtendung
Mainz 1981



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552617_0045

Aus der Neurochirurgischen Klinik
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Prof.Dr.Dr.h.c. K. Schürmann)

EIN BEITRAG ZUM PROBLEM DER OPERATIVEN VERSORGUNG
DER TRAUMATISCHEN PARESE DES PLEXUS BRACHIALIS

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von

Dieter Wagner
aus

Ochtendung

Mainz 1981

INHALT

1.	Einleitung	1
1.1	historische Voraussetzung	1
1.2	anatomische Grundlagen	1
1.2.1	Spezialfragen	1
1.2.2	Variationen des mikroskopischen Baues	1
1.3	Histopathologische Vorgänge	1
1.3.1	Klinische Korrelation und pathologische Befunde	1
1.3.2	Beziehungen zur Differentialdiagnose	1
2.	Klinische Bedeutung	11
2.1	Diagnose des Krankheitsgeschehens	11
2.2	Prognostische Bedeutung	11
3.	Klinische Befunde	12
3.1	Allgemeine Befunde	12
3.2	Veränderungen	12
3.3	Altersverfälschung	12
3.4	Klinische Symptome	12
3.4.1	Komplexe Veränderungen	12
3.4.2	Periphere Veränderungen	12
3.5	Differentialdiagnose	12
3.6	Histopathologische Befunde	12

Dekan: Professor Dr. K.-H. Bäßler

1. Gutachter: Professor Dr. D. Voth

2. Gutachter: Professor Dr.Dr.h.c. K. Schürmann

Tag der mündlichen Prüfung:

3.	Spezialfragen	12
3.1	Komplexe Veränderungen zum Vergleich	12
3.2	Spezielle Veränderungen im Vergleich	12
3.3	Klinische Befunde und andere Symptome	12



De heer: Professor Dr. A. W. Koster

1. Gedeputeerde: Professor Dr. J. Voss

2. Gedeputeerde: Professor Dr. H. A. M. J. van der Meulen

Van der Meulen: Professor Dr. H. A. M. J. van der Meulen

INHALT

1.	Einleitung	1
1.1	Anatomische Vorbemerkung	1
1.2	Makroskopische Freilegung	4
1.2.1	Schnittführung	4
1.2.2	Variationen der makroskopischen Freilegung	5
1.3	Mikrochirurgisches Vorgehen	7
1.3.1	Faszikuläre Adaptation und perineurale Naht	8
1.3.2	Technik der Defektüberbrückung	9
2.	Eigenes Krankengut	11
2.1	Eignung des Krankengutes	11
2.2	Katamnestiche Erhebung	11
3.	Eigene Beobachtungen	12
3.1	Allgemeine Bemerkungen	12
3.2	Ursachen	14
3.3	Altersverteilung	16
3.4	Klinische Symptome	18
3.4.1	Komplette Plexusparese	21
3.4.2	Partielle Plexusparese	22
3.5	Befunderhebung	25
3.6	Diagnostische Hilfsmittel	32
4.	Operatives Vorgehen	35
4.1	Voraussetzung zur Operationsindikation	35
4.2	Schnittführung	35
4.3	Technik der makroskopischen Freilegung	35
4.4	Mikrochirurgisches Vorgehen	36
4.5	Intercostobrachiale Anastomose	37
5.	Operationsbefunde	38
5.1	Komplette Plexusparese ohne Wurzelaustrisse	38
5.2	Komplette Plexusparese mit Wurzelaustrissen	38
5.3	Klassische obere und untere Armplexusparese	41

1. EINLEITUNG

Die optimistischen Berichte der Ergebnisse nach Operationen an peripheren Nerven, insbesondere der Transplantationen, in den letzten Jahren sowohl in der Fachliteratur als auch in der Laienpresse haben bei den mit der Materie nicht vertrauten Kollegen, besonders aber bei den Patienten unerfüllbare Hoffnungen geweckt. Dies gilt in besonderem Maße für die Verletzungen des Plexus brachialis, welche zahlenmäßig in den letzten Jahren erheblich zugenommen haben. Die erreichten Fortschritte in der Chirurgie der peripheren Nervenverletzungen werfen die Frage auf, ob hierdurch die ungünstige Prognose für die Funktionswiederkehr gemindert werden konnte.

1.1 Anatomische Vorbemerkungen (Sobotta-Becher, Voss-Herlinger)

Der Plexus brachialis bildet sich durch die Vereinigung der ventralen Äste des 5. bis 8. Zervikalnerven. Der 1. Brustkornerv (D 1) gehört mit seinem Hauptteil ebenfalls zum Plexus brachialis, während der kleinere Anteil dieses Nerven zum 1. Intercostalnerven wird. Anatomisch lassen sich am Plexus brachialis zwei nicht scharf getrennte Anteile unterscheiden.

1. Der über dem Schlüsselbein in der seitlichen Halsgegend sich bereits aus dem Nervengeflecht abzweigende Teil (Pars supraclavicularis); hierbei handelt es sich um eine Anzahl hauptsächlich motorischer Zweige, die die Schulter versorgen.
2. Der unterhalb des Schlüsselbeines zur Entwicklung kommende Teil (Pars infraclavicularis). Aus diesem stammen die großen Nervenstämmе der oberen Gliedmaßen.

Folgende Zweige kommen aus der Pars supraclavicularis des Plexus brachialis:

1. Rami musculares (Nn. thoracici ventrales). Diese verlaufen an der Innenfläche des Schlüsselbeines und ziehen zum großen und kleinen Brustmuskel. Es handelt sich in der Regel um zwei bis drei Nerven. Außerdem sind noch die Nn. thoracici dorsales zu berücksichtigen, nämlich der N. dorsalis scapulae aus C 4, C 5 und gelegentlich C 3, der den M. scalenus medius durchbohrt und zum M. rhomboideus major und minor zieht, sowie ferner den N. thoracicus longus (C 3 - C 7), der an der seitlichen Brustwand nach abwärts verläuft und den M. serratus lateralis versorgt.
2. N. subclavius aus C 4, C 5 und gelegentlich C 6, der als dünner Ast zum M. subclavius zieht, oft auch eng benachbart zum N. phrenicus.
3. N. suprascapularis (C 4 - C 6). Mit der A. suprascapularis gelangt er durch die Oberschlüsselbeingrube an der Innenfläche des Schlüsselbeines zur Incisura scapulae. Er tritt unter dem Ligamentum transversum scapulae hindurch zum M. supraspinatus und zum M. infraspinatus. Er stammt aus dem oberen Primärstrang des Plexus.
4. N. subscapularis (C 5 - C 7), dieser Nerv versorgt mit mehreren kleineren Ästen den gleichnamigen Muskel und außerdem noch den M. teres major.
5. N. thoraco dorsalis (C 6 - C 8). Dieser Nerv ist ein verhältnismäßig starker langer Ast des N. subscapularis. Er zieht mit der A. thoraco dorsalis zum M. latissimus dorsi. Bemerkenswert ist, daß er der Brustkorbwand nicht fest anliegt, sondern frei durch das Fett- und Bindegewebe der Achselhöhle hindurchzieht.

6. N. axillaris (C 5 - C 7). Der N. axillaris stammt aus dem Fasciculus posterior. Er verläuft zusammen mit der A. circumflexa humeri posterior durch die laterale Achsellücke. Der Hauptast verzweigt sich im M. deltoideus. Ein Nebenast versorgt den M. teres minor. Ein Hauptast, der N. cutaneus brachii lateralis, geht zur Haut über dem Muskel und zur Streckseite des proximalen Oberarmabschnittes.

Der unterhalb des Schlüsselbeines gelegene Teil des Plexus brachialis (Pars infraclavicularis) besteht aus drei Bündeln, welche die A. axillaris und den Anfangsteil der A. brachialis umfassen. Es handelt sich um:

1. Den Fasciculus lateralis. Dieser wird gebildet aus dem 5. bis 8. Zervikalnerven und gelegentlich noch ein Anteil aus dem 1. Thorakalnerven. Aus ihm entspringen der N. musculo cutaneus und die laterale Wurzel des N. medianus.
2. Den Fasciculus medialis. Dieser entsteht aus dem 8. Zervikal- und dem 1. Thorakalnerven. Die medialen Wurzeln des N. medianus und des N. ulnaris sowie des N. cutaneus brachii medialis und des N. cutaneus antebrachii medialis gehen aus diesem Faszikel hervor.
3. Den fasciculus posterior, der vom 5., 6. und 7. Zervikalnerven gebildet wird. Aus dem hinteren Bündel bilden sich der N. radialis und N. axillaris. Letzterer wird allerdings auch zur Pars supraclavicularis gerechnet.

1.2 Makroskopische Freilegung

1.2.1 Schnittführung

Gegenüber dem von WITT und SCHADER bevorzugten Schrägschnitt mit Beginn in Höhe des 4. Halswirbels und Ende am lateralen Teil der Clavicula, wird heute in der Regel ein zickzackförmiger Hautschnitt (MILLESII) angelegt. Beginnend am dorsalen Rand des M. sternocleidomastoideus in Höhe des 3. - 4. Halswirbels nach caudal, entlang des Hinterrandes des M. sternocleidomastoideus bis zu dessen Ansatzstelle, dann nach lateral dem Oberrand der Clavicula folgend. Von hier wiederum nach caudal im Sulcus deltoideus pectoralis bis zum Unter- rand des M. pectoralis major. Von hier Verlängerung des Schnittes entlang des Sulcus biceps brachii medialis, wenn die Freilegung der drei Hauptnerven des Plexus brachialis am proximalen Oberarm erforderlich ist.

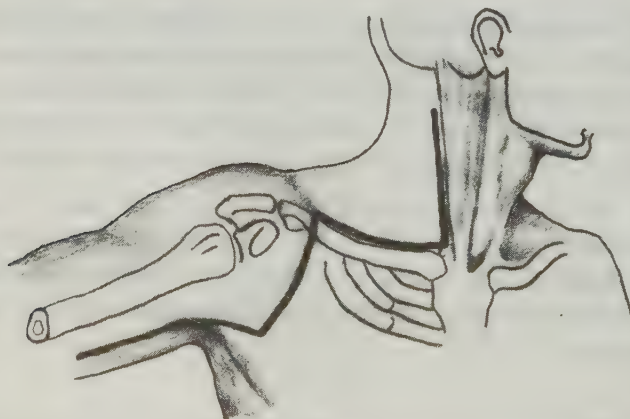


Abb. 1 Schnittführung zur Freilegung des Plexus brachialis.

1.2.2 Technik der Freilegung

Nach Anlegen des Hautschnittes, Durchtrennung der Subcutis und des Platysmas und der den M. sternocleidomastoideus und M. trapezius einschneidenden Fascia colli superficialis. Stumpfes Vordringen in die Tiefe, wo zwischen dem M. scalenus ventralis und medius die Stämme des Plexus brachialis hervortreten. Auf dem M. scalenus ventralis verlaufend, können hierbei der N. phrenicus und die A. cervicalis ascendens zu Gesicht kommen. Vor der Scalenusgruppe verlaufen über dem Plexus brachialis die A. subscapularis, die A. cervicalis ascendens und die A. transversa colli.

Am leichtesten auffindbar sind die vorderen Äste von C 5, C 6 und C 7, die sich nacheinander, meist noch über dem Schlüsselbein zum Fasciculus lateralis zusammenschließen. Sämtliche hinteren Äste (C 5 bis D 1), die sich in variabler Form zum Fasciculus posterior vereinen, liegen medial dicht hinter den vorderen Ästen und ziehen hinter die A. subclavia. Am schwierigsten ist es, die beiden vorderen Äste von C 8 und D 1 zu erreichen, die der A. subclavia unmittelbar angelagert sind. Um ausreichende Übersicht zu gewinnen, ist bei Eingriffen an diesen tiefen Stämmen eine extreme Anhebung der Clavicula oder deren Durchtrennung erforderlich.

Verfahren nach WITT und SCHADER

Der Hautschnitt erfolgt im lateralen Halsdreieck über dem Verlauf des Plexus brachialis. Unterbindung der oberflächlichen Halsvenen, Spaltung der Fascia colli superficialis. Schräge Durchtrennung des M. omohyoideus. Freilegung der Wurzel C 5 und C 6 Zwischen dem M. scalenus ventralis und medius. Präparation des Plexus von proximal und distal der Konglomeratnarben.

Verfahren nach LEXER

Hautschnitt fingerbreit oberhalb des Schlüsselbeines parallel zu diesem. Durchtrennung der Clavicula zwischen mittlerem und äußerem Drittel und Exarticulation desselben im Sternoclaviculargelenk. Bogenförmige Schnittverlängerung vom Ansatz des M. sternocleidomastoideus bis zum untern Pectoralisrand. Durchtrennung des M. subclavius und Ablösung des M. pectoralis major an seinem Rippenansatz. Zurückschlagen des großen Haut-Muskellappens samt Schlüsselbeinstück weit nach lateral.

Verfahren nach REICH

Schnittführung wie bei Witt und SCHADER. Weiteres Vorgehen gleich, jedoch unter Schlüsselbeinresektion. Durchtrennung des M. pectoralis major an seiner sehnigen Ansatzstelle und dessen Verlagerung nach medial.

Verfahren nach HEIL

Die Clavicula wird im Sternoclaviculargelenk luxiert und in toto nach Längsincision aus dem Periost gelöst, wobei der claviculäre Teil des M. sternocleidomastoideus mit dem Periost abgehoben wird, während der sternale Teil in seiner Lage verbleibt.

Verfahren nach GULEKE

Er bevorzugt die Durchtrennung des M. pectoralis major und des M. pectoralis minor an ihrer sehnigen Ansatzstelle.

Verfahren nach ISELIN

Schnittführung parallel der Clavicula lateral leicht s-förmig gekrümmt von der Clavicula bis zum Sulcus deltoideus pectoralis in die Axilla und von dort in beliebiger Ausdehnung im

Sulcus bicipitalis. Unter Schonung der V. cephalica dringt man zwischen dem M. pectoralis major und dem M. deltoideus in die Tiefe. Durchtrennung des M. pectoralis major und minor an ihrer sehnigen Ansatzstelle und deren Verlagerung nach medial. Durchtrennung der Fascia axillaris und der Hülle des Gefäßnervenstranges. ISELIN empfiehlt bei ausgedehnten Narben zur besseren Übersicht die Durchtrennung der Clavicula sowie des M. subclavius.

1.3. Microchirurgisches Vorgehen

Erst die Einführung des Operationsmikroskops 1964 durch SMITH, MICHON und MASSE und KURZE, ermöglichte eine optimale atraumatische Operationstechnik in der Chirurgie der Nerven. Gleichzeitig wurde die Beurteilung der geschädigten Nervenanteile deutlich erleichtert. Die bei den Sekundärversorgungen stets vorgefundenen Fibrosen der geschädigten Nervenanteile sind unter dem Operationsmikroskop gut abzugrenzen (SAMII). Die geschädigten Anteile müssen reseziert werden. Der entstehende Defekt ist durch ein spannungsfreies, autologes Nerventransplantat zu überbrücken.

Die Untersuchungen von EDSHAGE 1964 zeigten, daß trotz sorgfältig durchgeführter Adaptation der Nervenstümpfe durch epineurale Einzelknopfnähte, sich keine optimale Vereinigung der Schnittflächen der Nervenfaszikel oder Faszikelgruppen erreichen läßt. Auch die Versuche mit Milipore (BÖHLER 1962, SCHAAF 1962); mit Kunststoffkleber (HEISS und FAUL 1965) oder mit lyophilisierten und desantigenisierten homologen Transplantaten (JAKOBY und Mitarbeiter 1970) blieben ohne Erfolg (MILLESII 1972; SAMII 1971, 1974) und haben nur noch historische Bedeutung.

Erst die perineurale Nahttechnik (BORA 1967; MILLESII und Mit-

arbeiter 1967; SAMII und Mitarbeiter 1970, 1972) erlaubt eine exakte Adaptation der einzelnen Faszikel (MILLESII 1968; SAMII 1970).

Da die ungünstigen Auswirkungen einer an der Nahtstelle herrschenden Spannung seit langem bekannt sind, ihre Bedeutung tierexperimentell nachgewiesen (MILLESII und Mitarbeiter; SAMII und WALLENBORN 1972) ist, gilt heute die Feststellung, daß selbst kleinste Defekte welche nicht spannungsfrei wieder vereinigt werden können, eine Indikation für eine interfaszikuläre Autotransplantation darstellen.

1.3.1 Faszikuläre Adaptation und perineurale Naht.

Bei diesem Verfahren wird das Epineurium im Bereich eines 1 cm breiten Streifens proximal und distal der Nahtstelle reseziert. Die einzelnen Faszikel werden isoliert und gesondert angefrischt. Nach Identifizierung korrespondierender Faszikelstümpfe erfolgt die Vereinigung durch lockere Naht des Perineuriums. Im älteren Schrifttum wird vor einem Anstechen des Perineuriums gewarnt, da dadurch eine Irritation des Nervengewebes hervorgerufen werde. Die Verwendung eines besonders feinen Nahtmaterials und die Durchführung der Naht unter dem Operationsmikroskop erlauben es, das Perineurium alleine zu fassen, ohne die endoneurale Substanz wesentlich zu irritieren. Die ausschließliche Verwendung von atraumatischem Nahtmaterial ist selbstverständlich. Die mikrochirurgische Operationstechnik erfordert ein besonders feines Nahtmaterial. Gegenwärtig stehen Nylon (10x0) und Stahldraht (9x0) zur Verfügung. Beide verursachen nur geringe Bindegewebsreaktionen. Der Nylonfaden ist allerdings leichter zu handhaben. Trotz der guten Verträglichkeit des modernen Nahtmaterials, soll man sich auf die unbedingt notwendigen Nähte beschränken und so wenig Nahtmaterial als möglich zurücklassen. NOMURA und Mitarbeiter (1968) erzielten bessere Ergebnis-

se, wenn sie weniger Nähte setzten.

1.3.2 Technik der Defektüberbrückung

Bei der interfaszikulären Nerventransplantation wird das Epineurium an beiden Nervenstümpfen excidiert und eine Präparation der Faserbündel vorgenommen. Die einzelnen Faszikel werden in verschiedener Höhe angefrischt. Große Faszikel werden ganz, kleinere Faszikel in Gruppen zu dreien oder vierten belassen.

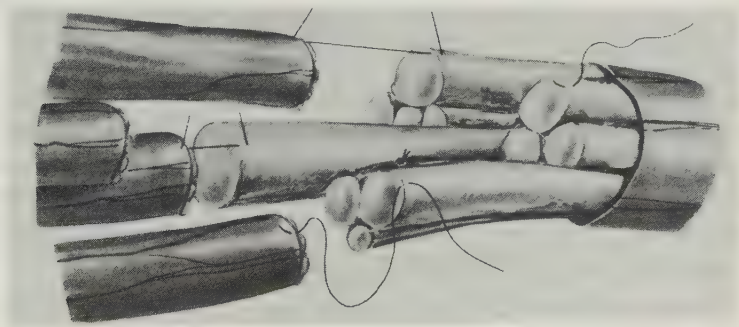


Abb. 2 Interfaszikuläre Nerventransplantation.

Die zur Transplantation entnommenen Stücke eines Hautnervs werden in entsprechender Länge zwischen die korrespondierenden Faszikel bzw. Faszikelgruppen der Nervenquerschnitte direkt eingepflanzt. Eine exakte Adaptation ist möglich. Die Nerventransplantate müssen lang genug genommen werden, so daß sie völlig spannungslos bei Streckstellung der benachbarten Gelenke zwischen den Stümpfen liegen. Eine Zugbelastung in Längsrichtung ist absolut zu vermeiden. Unter diesen Umständen genügt eine einzige Naht an jedem Transplantatende, um die Adaptation zu sichern. Das Operationstrauma und die Menge des Nahtmaterials können auf ein Minimum reduziert wer-

den. Die einzel liegenden Nerven transplantate müssen allerdings guten Kontakt mit der Umgebung haben, um ein Optimum an Einheilungschance zu gewährleisten (MILLES, GANGLBERGER, BERGER, 1966, 1967).

2. EIGENES KRANKENGUT

2.1 Eignung des Krankengutes

Als Untersuchungsmaterial stand die Krankengeschichte von 96 Patienten, die in den Jahren 1969 bis 1975 an der Neurochirurgischen Universitätsklinik Mainz wegen einer Plexus brachialis-Läsion operativ behandelt wurden, zur Verfügung. Dabei waren nur in 63 Fällen die anamnestischen und klinischen Angaben ausreichend, um eine Auswertung vornehmen zu können.

2.2 Katamnestische Erhebung

Zur Erhebung der Katamnese wurde bei allen 63 Patienten die Krankengeschichte der Neurochirurgischen Universitätsklinik Mainz, sowie die Untersuchungsergebnisse der jeweils behandelnden Fachärzte und Kliniken ausgewertet. Eigene Nachuntersuchungen erfolgten in allen 63 Fällen. Zwischen operativem Eingriff und Nachuntersuchung lag mindestens ein Zeitraum von 2 1/4 Jahren.

3. EIGENE BEOBACHTUNGEN

3.1 Allgemeine Bemerkungen

Die eigenen Beobachtungen stützen sich auf 63 Fälle mit einer Läsion des Plexus brachialis, welche in der Neurochirurgischen Universitätsklinik Mainz zur stationären Behandlung lagen, und in den Jahren 1969 bis 1975 operiert wurden. Davon waren 53 männlichen und 10 weiblichen Geschlechts, was einem Verhältnis von annähernd 5:1 entspricht. Der rechte Plexus war 30 mal und der Linke 33 mal betroffen. Die Primärverletzungen teilten sich wie folgt ein:

ÜBERSICHT ÜBER 63 PLEXUSSCHÄDIGUNGEN

<u>TOTALE PLEXUSSCHÄDIGUNG</u>	32	50,8 %
A) OFFEN	16	25,4 %
B) GESCHLOSSEN	16	25,4 %
<u>PARTIELLE PLEXUSSCHÄDIGUNG</u>	31	49,2 %
A) OBERER TYP	6	11,2 %
B) UNTERER TYP	2	3,1 %
C) GEMISCHTER TYP	23	34,9 %

Tab. 1 Einteilung von 63 Armplexusparesen.

Nur bei den kompletten Armplexuspareesen kam es, durch die bei dem Trauma einwirkende Gewalt, zu offenen Verletzungen im Bereich des Plexus brachialis.

Aus den Statistiken der vergangenen Jahre wird ersichtlich, daß die Häufigkeit der Plexuslähmungen erheblich zugenommen hat. PERRICONE und ZERPA 1963 über 202 Fälle von Lähmungen des Plexus brachialis aus der Zeit von 1899 bis 1960 (3,3 Patienten pro Jahr), RÖHLIG 1960 über 33 Patienten in einem Zeitraum von 9 Jahren (3,5 Patienten pro Jahr). PECINKA 1960 über 20 Fälle in 12 Jahren (1,7 Patienten pro Jahr), MAZUR 1964 über 24 Fälle in 8 Jahren (3,2 Patienten pro Jahr), HÜBNER und RIECHWEIN 1965 über 33 Fälle, HELLINGER 1964 über 32 Fälle in einem Zeitraum von 111 Jahren (0,29 Patienten pro Jahr), HEIPERTZ 1964 über 69 Fälle in 20 Jahren (3,4 Patienten pro Jahr), d'AUBIGNE und DEBERGE 1967 in 9 Jahren über 114 Fälle (12,6 Patienten pro Jahr), MILLESI und Mitarbeiter 1972 über 21 Fälle in 6 Jahren (3,5 Patienten pro Jahr). Eigenes Krankengut der Neurochirurgischen Universitätsklinik Mainz von 1969 bis 1975 96 Fälle (16 Patienten pro Jahr).

3.2. Ursachen

Die Verletzungen des Plexus brachialis, welche in der Zeit vor der Motorisierung verhältnismäßig selten waren, haben seit der Motorisierung stark zugenommen. Wie aus der Tabelle 2 ersichtlich ist, sind besonders die Zweiradfahrer gefährdet. Schon 1929 wies DEMMER auf Plexusschäden hin, die durch Motorradunfälle entstanden waren. SCHÄFER beschrieb 1934 einen totalen Plexusabriß bei einem Motorradfahrer, ebenso SCHUM 1936.

Von den 55 durch Traumen verursachte Plexusläsionen waren 26 (47,3%) bei Zweiradunfällen aufgetreten.

ÄTIOLOGIE VON 63 LÄSIONEN DES PLEXUS BRACHIALIS		
UNFÄLLE	55	44 VERKEHRSUNFÄLLE 26 MOTORRADUNFÄLLE 3 FAHRRADUNFÄLLE 15 AUTOUNFÄLLE 3 FUSSGÄNGER 2 TRAKTIONS-SCHÄDEN 3 SCHNITTVERLETZUNGEN 2 SCHUSSVERLETZUNGEN 4 SCHULTERAUFPRALL
TUMOR	2	1 PANCOAST TUMOR 1 NEURINOM
STRAHLENFIBROSE	4	
GEBURTSTRAUMA	1	
COSTO-CLAVICULAR-SYNDROM	1	
TOTAL	63	

Tab. 2 Ätiologie von 63 Läsionen des Plexus brachialis.

Die nachfolgende Aufstellung der Nebenverletzungen verdeutlicht die Schwere dieser Verletzungen, aus der Häufigkeit der Nebenverletzungen.

NEBENVERLETZUNGEN BEI 63 LÄSIONEN DES PLEXUS BRACHIALIS

	 15	 26	 3	SONSTIGE UNFÄLLE 11	
INTRACRANIELLE BLUTUNG	1				KOPF 50,8 %
CONTUSIO CEREBRI	3	7	1		
COMMOTIO CEREBRI	3	9	1	1	
KALOTTENFRAKTUR	1	2			
SCHULTERPRELLUNG	5	11	3	5	OBERE EXTREMITÄT 94,5 %
SCAPULARFRAKTUR	1	6	2		
CLAVICULAFRAKTUR	2	6	1		
HUMERUSFRAKTUR	3	4		1	
RADIUSFRAKTUR		4		1	THORAX STAMM 32,7 %
ULNARFRAKTUR	1	4			
HANDGELENKFRAKTUR	1	2			
MITTELHANDFRAKTUR		4			
FRAKTUR I. RIPPE		1	1		UNTERE EXTREMITÄT 27,2 %
RIPPENSERIENFRAKTUR	1	2	3	1	
THORAXCONTUSION	3		1		
WIRBELKÖRPERFRAKTUR		1			
BECKENFRAKTUR	1	2			SONSTIGES 21,8 %
BAUCHTRAUMA	1		1		
OBERSCHENKELFRAKTUR	3	4	1		
UNTERSCHENKELFRAKTUR	1	4	1		
MITTELFUSSFRAKTUR		1			OHNE NEBENVERLETZUNG
SCHWERE WEICHTEILVERL.	1	1		5	
ART. BLUTUNG GR. GEF.	1	2		2	
		1			

Tab. 3 Häufigkeit der Nebenverletzungen bei 55 traumatischen Plexusparesen.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die Patienten, welche eine Contusio cerebri erlitten, fast ausschließlich Mopedfahrer waren, also Personen, welche zum damaligen Zeitpunkt noch nicht zum Tragen eines Schutzhelmes verpflichtet waren.

Die Statistik aus dem Institut RIZZOLI (PERRICONE und ZERPA 1963) weist aus, daß in 54,02% Motorradunfälle Ursache der Plexus brachialis-Lähmung waren. Auch in der Statistik von HÜBNER und RIECHWEIN 1965 war 31 mal (80,8%) ein Motorradunfall Ursache der Plexuslähmung.

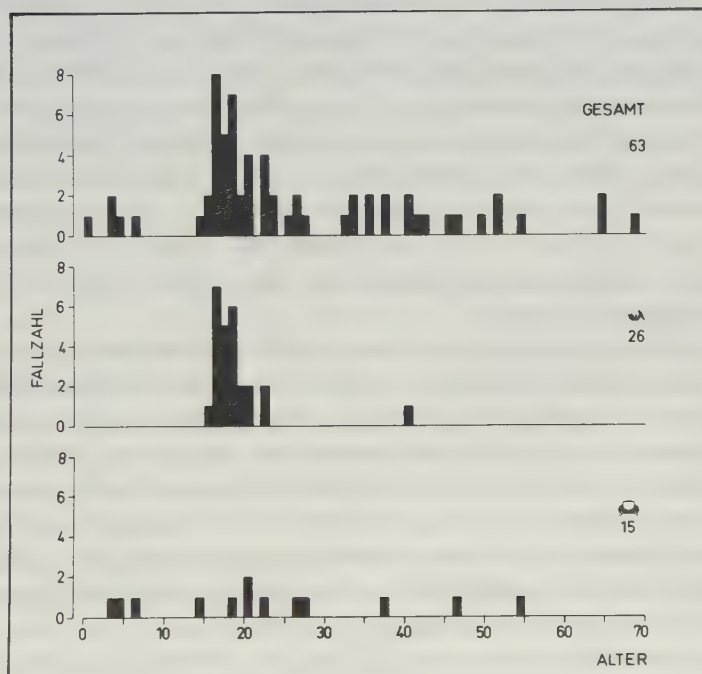
3.3 Altersverteilung

Im Krankengut von KRENKEL 1964 waren die Gruppe der Jugendlichen und der jungen Erwachsenen, wie in unserem Krankengut, am stärksten vertreten, weil es sich bevorzugt um Moped-, Motorrad- und Fahrradunfälle handelte.

Als zweithäufigste Ursache der Plexus brachialis-Lähmung sind die Autounfälle zu nennen. Von den 55 traumatischen Plexusparesen waren 15 (27,3%) bei Autounfällen aufgetreten. 1976 konnten wir erstmals eine komplette Plexus brachialis-Parese bei einem Patienten beobachten, welche durch das Tragen eines Sicherheitsgurtes bei einem Auffahrunfall verursacht worden war. Während die bei uns bisher bekannten autounfallbedingten Armplexusparesen im Rahmen eines Polytraumas auftraten, wies dieser Patient keine weiteren Verletzungen auf.

Neben den traumatisch bedingten Plexusläsionen fanden wir 2 durch Geschwulste verursachte Plexusläsionen, 4 als Folge einer Radiatio nach Ablatio mammae, 1 Geburtstrauma und 1 Costoclavicular-Syndrom. Eine iatrogene Schädigung fand sich in unserem Krankengut nicht. Die in der Literatur häufig beschriebenen Kompressionssyndrome, wie z.B. durch Rucksack-

und Steinetragen verursachten Plexusläsionen, sowie die durch Lagerung bedingten Narkoselähmungen des Plexus brachialis und ähnliche, wurden unsererseits nicht beobachtet.



Tab. 4 Altersverteilung bei 63 Plexus brachialis-Lähmungen.

Der ursächliche Zusammenhang zwischen therapeutischer Radio-
tatio nach Ablatio mammae und der Plexuslähmung darf heute,
nach den experimentellen und klinischen Beobachtungen
(ALVORD und BRACE, COTTIER, HICKS, ROTHENBERG, MUMENTHALER,

HOLDORFF), als erwiesen angesehen werden.

Bei 4 Fällen des eigenen Krankengutes trat die Plexuslähmung nicht als unmittelbare Folge der Primäroperation auf, sondern erst nach Jahren, wobei erste Symptome in Form von Sensibilitätsstörungen sich jeweils nach einigen Monaten einstellten. Zwischen dem Auftreten motorischer Paresen und dem Beginn der Strahlenbehandlung, welche sich unmittelbar an die Operation anschloß, lag ein Zeitraum von mindestens 12 Monaten und längstens von 7 Jahren. Zum Zeitpunkt der Behandlung lagen vor: 1 komplette, 1 obere und 2 atypische (1 inkomplette obere/inkomplette untere; 1 komplette obere/inkomplette untere) Armplexuslähmungen. Wobei die Patientin mit der kompletten Amplexusparese über heftige causalgiforme Schmerzen klagte.

Die operative Freilegung ergab in keinem der Fälle ein Tumorzidiv, sondern lediglich starke fibrotische Verwachsungen, welche zur Konstriktion des Armplexus geführt hatten. Nach der Operation (teils interfaszikuläre Neurolyse) kam es in 3 Fällen zu einer kurzfristigen Besserung, selbst die Causalgie verschwand. Nach ca. 12-15 Monaten jedoch war eine Verstärkung der motorischen Paresen festzustellen. Auch die Patientin mit der anfänglich vorliegenden Causalgie klagte nach diesem Zeitraum erneut über Schmerzen.

Diese Beobachtung konnten wir bei den traumatisch bedingten Armplexuslähmungen, bei denen gleichfalls nur ausgeprägte fibrotische Veränderungen nachweisbar waren und bei denen gleichfalls eine Neurolyse durchgeführt wurde, nicht machen.

3.4. Klinische Symptome

Die Läsionen des Plexus cervicalis sind klinisch nicht von wesentlicher Bedeutung. Wichtige Äste aus dem Plexus cervicalis sind lediglich die Nn. phrenici und die Nn. occipitales.

Die einseitige Phrenicusparese verursacht klinisch nur geringgradige und subjektiv mitunter überhaupt keine Symptome. So ist es nicht verwunderlich, daß eine einseitige Zwerchfelllähmung bei der Befunderhebung gelegentlich übersehen wird.

Die Verletzung der Nn. occipitales kann zu heftigen, vom Patienten als bohrend, reißend und brennender Schmerz empfunden, beschrieben werden. Diese Occipitalneuralgie erstreckt sich nicht nur auf die Nn. occipitales, sondern auch auf den N. auricularis magnus und andere Hautnerven aus dem Plexus cervicalis wie z.B. N. cutaneus colli und die Nn. supraclaviculares.

Bei 11 Fällen (19,6%) der Verletzten konnte auf der Seite des verletzten Armes ein HORNER'scher Symptomenkomplex beobachtet werden. Diese Symptome werden hervorgerufen durch die Schädigung der aus C 8 und D 1 stammenden sympathischen Fasern. Die Schädigung muß proximal des Abgangs der Rami communicantes liegen. Es kommt zur Lähmung des M. tarseus und des M. dilatator pupillae sowie der glatten Orbitamuskeln. Somit kommt es zur Ptosis, Miosis und Enophthalmus mit verminderter Bulbusspannung. 3 Patienten zeigten ein inkomplettes HORNER'sches Syndrom. Entweder fehlte der Enophthalmus oder die Miosis oder die Ptosis.

Bei den Verletzten, bei denen der HORNER'sche Symptomenkomplex fehlte (80,4%), erwiesen die Operationsbefunde, daß entweder die Wurzel C 8 oder D 1 nicht betroffen waren, oder daß die Verletzungen lateral des Austritts aus den Foramina intervertebralia lagen.

Bei den traumatischen Schädigungen des Plexus brachialis unterscheidet man:

I. Totale Plexusschädigung

II. Partielle Plexusschädigung

a) Typische Formen

1. Erb-Duchenne-Lähmung (obere)
2. Dégerine-Klumpke-Lähmung

b) Atypische Formen

1. komplette obere/inkomplette untere Plexusparese
2. inkomplette obere/inkomplette untere Plexusparese
3. inkomplette obere/komplette untere Plexusparese
4. inkomplette untere Plexusparese

Bei Anwendung dieser Aufteilung auf unser Krankengut ergibt sich folgende Verteilung unter Berücksichtigung der Schadensursache

KLINISCHE DIAGNOSE				SONSTIGE UNFÄLLE	ANDERE URSACHEN	
	15	26	3	11	8	63
TOTALE PLEXUSPARESE	10	15	3	2	2	32
OBERE PLEXUSPARESE (ERB)		4		1	1	6
UNTERE PLEXUSPARESE (KLUMPKE)		1		1		2
KOMPL.OB./INKOMPL.UNT.PLEXUSPARESE	2	5		4	1	12
INKOMPL.OB./INKOMPL.UNT.PLEXUSPAR.				1	3	4
INKOMPL.OB./KOMPL.UNT.PLEXUSPARESE	2	1		2		5
INKOMPL.UNT.PLEXUSPARESE	1				1	2

Tab. 5 Formen der Armplexuspareesen bei Berücksichtigung der Schadensursachen.

3.4.1 Komplette Plexusparese

Die totale Plexuslähmung bietet, was die motorischen Ausfälle betrifft, einen eindeutigen Befund. Die Lähmungen erstrecken sich auf die gesamte Schulter- und Armmuskulatur. Der gelähmte Arm hängt infolgedessen schlaff herunter. Allein ein "Schulterzucken" ist noch möglich. Gelegentlich finden sich noch Restfunktionen von Muskeln, welche aus den Wurzeln, die am weitesten cranial oder caudal liegen, versorgt werden (Schultergürtelmuskulatur bzw. kleine Handmuskulatur).

Die sensiblen Störungen erstrecken sich gewöhnlich auf die gesamte Extremität. In seltenen Fällen ist das Versorgungsgebiet des N. axillaris sowie das Gebiet des N. cutaneus brachii medialis ausgespart. Hier muß jedoch berücksichtigt werden, daß dieses Gebiet z.T. durch den N. intercosto humeralis aus D 2 versorgt wird.

Von den 32 totalen Armplexusparenese aus unserem Krankengut waren 31 traumatisch bedingt und 1 Folge einer Radiatio nach Ablatio mammae. Obwohl komplette Armlähmungen vorlagen, konnten nur bei 17 Patienten Wurzelaustrisse intraoperativ nachgewiesen werden. Die Tabelle 6 zeigt die vorgefundenen Kombinationen.

Das Vorliegen einer totalen Armplexusparese rechtfertigt somit noch nicht die Annahme (BODECHTEL, d'AUBIGNE), daß bei einer vollständigen Armplexusparese die Mehrzahl der Wurzeln ausgerissen sei. Wir fanden bei den Patienten mit einer geringeren Anzahl von Wurzelaustrissen im supra-, infra- und axillären Bereich zwar stets weitere ausgedehnte Verletzungen, doch entziehen sich diese entgegen dem Wurzelaustriß nicht einer operativen Intervention. Bei den lateral der Foramina intervertebralia vorgefundenen pathologischen Befunde handelt es sich im wesentlichen um ausgedehnte Narbenfibrosen,

welche z.T. den gesamten Plexus einbezogen. In 6 Fällen fanden sich nur ausgedehnte Fibrosen. Ansonsten lagen Kontinuitätsunterbrechungen in mannigfaltiger Kombination vor. Besonders häufig fand sich eine Durchtrennung des N. musculocutaneus und des N. axillaris sowie des N. radialis.

OBERSICHT ÜBER WURZELAUSSRISSE BEI
32 KOMPL. ARMPLEXUSPARESEN

15 OHNE WURZELAUSSRISSE

17 MIT WURZELAUSSRISSEN

6 X 1 WURZEL
4 X 3 WURZELN
3 X 4 WURZELN
3 X 5 WURZELN
1 X 6 WURZELN

Tab. 6 Wurzelaustrisse bei 17 kompletten Plexusläsionen.

3.4.2 Partielle Plexusschädigungen

a) obere Plexusschädigung.

Die partiellen Plexusschädigungen umfassen die oberen (Erb-Duchenne) und die unteren (Déjerine-Klumpke) Plexusschädigung. Die oberen Plexusschädigungen vom Typ Erb-Duchenne zei-

gen, wenn es sich um ein typisches Lähmungsbild handelt, welches jedoch in klassischer Form nur in einer geringen Anzahl von partiellen Plexusschädigungen beobachtet wird, um eine funktionslose Muskulatur des Schultergürtels und des Oberarms. Unterarm und Handfunktion sind weitgehend intakt. Dieser Lähmungstyp wird dadurch bedingt, daß entweder die Wurzeln C 5 bis C 7 geschädigt sind, oder der Fasciculus cranialis betroffen wurde. Gelegentlich findet sich eine Läsion der peripheren, den Schultergürtel versorgenden Nerven (N. scapularis, Nn. pectorales, N. axillaris, N. musculocutaneus). Bei der Analyse des Unfallhergangs wurde ersichtlich, daß es sich bei den Patienten unseres Krankengutes mit einer typisch oberen Plexusschädigung in 4 Fällen von 6 (19,35%), um einen Schulteraufprall handelte, also die Gewalteinwirkung von cranial nach caudal erfolgte. Bei zweien dieser Patienten fanden sich Wurzelausrisse (1x Wurzel C 8; 1x Wurzel C 4, C 5, C 6). In allen Fällen fanden sich fibrotische Veränderungen im supraclaviculären Raum, mehr oder weniger stark ausgeprägt. In einem einzelnen Fall fand sich noch eine Kontinuitätsunterbrechung des N. axillaris.

b) untere Plexusschädigung

Die untere Plexuslähmung (Dégerine-Klumpke), gekennzeichnet durch die Lähmung der Hand- und Vorderarmmuskulatur, also Ausfälle im Ulnaris- und Medianusgebiet, sowie durch Ausfälle des körperfernen Radialisgebietes gekennzeichnet, beobachteten wir in der klassischen Form nur in 2 Fällen.

c) Mischtypen

Die Mehrzahl (74,19%) der partiellen Plexusschädigungen waren vom gemischten Typ. Da bei den traumatisch bedingten Armplexusparesen es sich meist um eine schwere Gewalteinwirkung

handelt, welche den Plexus brachialis als Ganzes betrifft, jedoch entsprechende der anatomischen Lage in unterschiedlicher Stärke, ist verständlich, daß die klassischen Formen der oberen und unteren Plexusläsion selten beobachtet werden. Auch zeigt sich immer wieder, daß primär schwerer imponierende Lähmungserscheinungen, sich im weiteren Verlauf teils zurückbilden. Man muß daraus schließen, daß es sich bei diesen vorübergehenden Schädigungen um eine partielle Axonotmesis einzelner Plexusanteile gehandelt hat. Die Primärbefunde lassen eine prognostische Aussage meist nicht zu. Erst die nachfolgenden Kontrollen in Bezug auf den Primärbefund sowie in Verbindung mit weiteren diagnostischen Maßnahmen, insbesondere der Elektromyographie, zeigen welche Entwicklung die Lähmungserscheinungen nehmen werden.

Von den 23 Patienten mit atypischer partieller Plexusläsion fanden sich nur bei 4 Fällen Wurzelaustritte im Bereich des unteren Plexus. Es lagen gehäuft Kontinuitätsverluste des N. musculocutaneus, des N. axillaris sowie der drei Hauptnerven vor. Die Tabelle 7 zeigt die bei den Operationen vorgefundenen Befunde.

KLINISCHE DIAGNOSE	FALL- ZAHL	WURZELABRISS	KONTINUITÄTS- VERLUSTE
KOMPLETTE OBERE	6	2 1 x C4 C5 C6 1 x C8	1 x N. AXILLARIS
ATYPISCHE PLEXUSPARESE	23	4 1 x C7 1 x C6 1 x C6 C7 C8 1 x C7 C8 D1	2 x FASC. DORSALIS 4 x N. MUSCULOCUT. 4 x N. AXILLARIS 2 x N. MEDIANUS 2 x N. RADIALIS
KOMPLETTE UNTERE	2	1 1 x C7 C8 D1	1 x N. RADIALIS 1 x N. ULNARIS

Tab. 7 Wurzelaustritte und Kontinuitätsverluste peripherer Nerven bei 31 partiellen Plexusläsionen.

Auffallend war, daß diese Schädigungen bei den Patienten beobachtet wurden, welche eine Oberarmluxation oder Frakturen an den Knochen des Schultergürtels erlitten hatten. Man muß annehmen, daß die Verletzung der neurogenen Strukturen sekundär traumatisch entstanden sind, durch die Hineinverlagerung des Oberarmkopfes in den Plexus oder durch knöcherne Verletzungen am Schultergürtel. So z.B. bei stark dislozierter Schlüsselbeinfraktur. Eine Kombination zwischen direkter traumatischer Schädigung des Plexus brachialis und eine sekundäre Schädigung dürfte bei den meisten Fällen vorliegen.

3.5 Befunderhebung

Naturgemäß ist das Krankengut einer Unfall-, einer Neurologischen und einer Neurochirurgischen Klinik sehr unterschiedlich. Die Unfallkliniker sehen meist die Frischverletzten, die Neurologen die nichttraumatischen Plexusläsionen, während die Orthopäden und die Neurochirurgen die Patienten erst meist Monate nach dem Unfall zu Gesicht bekommen, sofern nicht eine gute Zusammenarbeit zwischen diesen Fachdisziplinen besteht. Es sei schon hier darauf hingewiesen, daß eine Zusammenarbeit dieser Fachkollegen zur Festlegung des Behandlungsplans zum frühestmöglichen Zeitpunkt erfolgen sollte. Leider mußten wir in unserem Krankengut feststellen, daß die Zuweisungen meist zu einem sehr späten Zeitpunkt erfolgen. Nur bei dreien (4,7%) von 63 erfolgte die Zuweisung im ersten Monat nach der Verletzung. Bei 17,4% in den ersten 6 Monaten. Die extremste Zeitspanne zwischen Trauma und Zuweisung liegt bei 186 Monaten. Die Verteilung ergibt sich aus der nachfolgenden Tabelle 8.

Wie bei jeder medizinischen Untersuchung ist eine dokumentarische Fixation der Befunde unerlässlich. Es ist angezeigt,

neben dem speziellen Befund den Allgemeinbefund und die Anamnese (speziell und allgemein) sehr ausführlich zu erheben, da bei diesen Patienten oft eine Begutachtung erforderlich ist.

ZEITSPANNE ZWISCHEN TRAUMA + ZUWEISUNG		
ZEITSPANNE	FALLZAHL	%
1 MONAT	3	4,7 %
2 - 6 MONATE	11	17,4 %
7 - 15 MONATE	22	34,8 %
16 - 30 MONATE	21	33,7 %
ÜBER 30 MONATE	6	9,4 %

Tab. 8 Die Zeitspanne zwischen Trauma und operativem Eingriff.

3.5.1 Allgemeine Anamnese und Allgemeinbefund

Hier interessieren insbesondere Vorerkrankung, alte Verletzungsfolgen und bestehende unfallunabhängige Erkrankungen.

3.5.2 Spezielle Anamnese

Vorhergehend wurde schon auf die Bedeutung der genauen Analyse des Unfallhergangs bei traumatischen Armplexuspareesen hingewiesen. Sollte der Patient wegen der Folgen eines erlit-

tenen Schädelhirntraumas zu der Schilderung des Unfallhergangs nicht in der Lage sein, helfen oft die Versicherungsakten weiter. Auch sollte nicht verabsäumt werden, eventuelle Augenzeugen zu befragen.

Neben den Schußverletzungen, welche in Friedenszeiten relativ selten beobachtet werden und den Verletzungen durch herabstürzende Materialien (Glas, Blech) sowie Handwerkszeuge (Messer, Säge, Schleifmaschine) und den durch Transmission verursachte Plexuslähmung, sind die durch Motorradunfälle verursachten Plexusläsionen von besonderem Interesse, da es sich um die häufigste Unfallursache handelt.

Am Beispiel der durch Motorradunfälle verursachten Plexusläsionen, wo alle Verletzungsmöglichkeiten (Traktionsschäden, Kontinuitätsverluste, Wurzelausrisse, sekundäre Kontinuitätsverluste durch Aufspießen von Knochenfragmenten) beobachtet werden können, wird deutlich, daß die Richtung der Gewalteinwirkung sowie die Nebenverletzungen von großer Bedeutung sind, da hierdurch oft schon Aufschluß über die Lokalisation und den Schweregrad der Verletzung gewonnen werden kann.

Bei den Traktionsschäden, die durch Überdehnung zu einer Nervenschädigung führen, werden, abhängig von der Zugrichtung, unterschiedliche Ausfälle des Plexus brachialis beobachtet (TRACY). Erfolgt der Zug nach caudal parallel der Körperachse oder von cranial nach caudal wie beim Aufprall des stürzenden Motorradfahrers auf die Schulter, werden die oberen/mittleren Plexusanteile betroffen, da die größte Dehnung in diesem Bereich auftritt. Erfolgt der Zug nach cranial, werden die unteren Plexusanteile betroffen. Dieser Effekt wird besonders deutlich bei den Auffahrunfällen der Motorradfahrer, wobei ein reflektorisches Festhalten des Lenkers erfolgt und

es zum Überschlag kommt. Die Drehpunkte sind die Schultergelenke. Dieser extreme Überextensions- und Rotationsmechanismus wird meist zu Wurzelausrissen führen. Bemerkenswert ist auch die Tatsache, daß bei Plexusläsionen, denen dieser Unfallmechanismus zugrunde liegt, stets die Arbeitsextremitäten betroffen waren, wohl darauf zurückzuführen, daß durch die überwiegende Kraft dieser Extremität ein längeres reflektorisch bedingtes Festhalten erfolgte und somit eine verstärkte Extension durch die noch einwirkende kinetische Energie.

Die Lokalisation der Nervenverletzung durch Messer, Säge-, Schleifscheibe, herabstürzende Materialien ist durch die bestehende Weichteilverletzung erkennbar. Hingegen die durch Torsion verursachten Plexusparesen, welche zu den schwersten Verletzungen zu zählen sind, wird die Befunderhebung durch die in hohem Maße bestehenden Nebenverletzungen erheblich erschwert.

3.5.3. Neurologischer Befund

Die erste neurologische Untersuchung unmittelbar nach dem Unfall wird meist nur orientierender Art sein können. Sie ergibt jedoch, ob es sich um eine umschriebene oder um eine ausgedehnte Schädigung handelt. Neben der Funktion der eigentlichen Extremitätenmuskulatur sollte nicht vergessen werden, die Funktion der proximalen Muskeln (Mm. rhomboidei, M. pectoralis, M. latissimus dorsi, M. serratus anterior) zu überprüfen, da deren Ausfall immer eine hohe Schädigung bedeuten. Auch die Feststellung, ob ein HORNER-Syndrom, auf dessen Bedeutung im Vorausgegangenen hingewiesen wurde, vorliegt oder nicht, bedeuten keinen wesentlichen Zeitaufwand.

Sobald es die Situation erlaubt, sollte eine Lumbalpunktion

durchgeführt werden. Blutiger Liquor deutet darauf hin, daß ein oder mehrere Wurzelausrisse vorliegen, sofern kein Schädelhirntrauma oder eine Rückenmarkscontusion (RÖTTGEN) vorliegt.

Ist der Patient ansprechbar und kooperativ, sollte eine Muskelfunktionsprüfung erfolgen. Es hat sich bewährt, die Kräftegrade nach SEDDON nicht in Zahlen sondern in waagerechten Säulen darzustellen, da hierdurch ein eindringliches optisches Bild entsteht. Durch die Möglichkeit die Untersuchungsbefunde mehrerer Untersuchungstermine auf dieselben Untersuchungsbogen zu fixieren, besteht eine gute Vergleichsmöglichkeit, sofern die Untersuchungstermine mindestens 3 Monate auseinander liegen.

Sensible Störungen

Der diagnostische Wert der Sensibilitätsausfälle darf nicht überschätzt werden (KLUMPKE). In Einzelfällen können sogar Sensibilitätsausfälle trotz Nervenläsion fehlen (LAUBENTHAL). Die Differenzierung zwischen radikulär bedingten Sensibilitätsausfällen und peripheren gestalten sich oft sehr schwierig, wegen der Komplexität der Verletzung. Trotz der geringen diagnostischen Aussagekraft, sollte auf die genaue Dokumentation der Sensibilitätsstörung nicht verzichtet werden. Im allgemeinen machen sich sensible Störungen bei Läsionen des oberen Plexus an der Außenseite, bei Läsionen des unteren Plexus an der Innenseite des Armes bemerkbar. Bei kompletten Plexusparesen findet man gelegentlich die Innenseite des Oberarms (D 1) ausgespart.

Im eigenen Krankengut ließen sich bei der oberen Plexuslähmung gehäuft Sensibilitätsstörungen in den Segmenten C 5 und C 6 nachweisen. Bei den kompletten unteren in den Segmenten C 8 und D 1.

Bei den totalen Plexuspareesen C 5, C 6, C 7 und C 8 (Tab. 9).

Derma- tom	PLEXUSLÄHMUNG		
	obere	untere	totale
C 4	1		3
C 5	4		10
C 6	6		12
C 7	1	1	11
C 8	1	2	9
D 1		2	5
D 2			

Tab. 9 Sensibilitätsstörungen bei 63 Plexusläsionen.

Reflexstörungen

Die Unterbrechung des Reflexbogens der monosynaptischen Muskeleigenreflexe führt zum Verlust derselben. Bei peripheren Nervenverletzungen erlöschen sie durch Unterbrechung des afferenten Schenkels und durch Unterbrechung des efferenten Schenkels. Durch die Zugehörigkeit eines gelähmten Muskels zu einem bestimmten Nerv läßt sich eine grobe Lokalisation der Nervenschädigung vornehmen. Das Erlöschen des Bicepssehnenreflexes deutet auf eine Schädigung der Wurzel C 5/C 6, das Erlöschen des Radiusperiostreflexes auf eine Schädigung der Wurzel C 6, das Erlöschen des Tricepssehnenreflexes auf eine Schädigung der Wurzel C 7/C 8 hin.

Störung der Schweißsekretion

Entgegen der Sensibilitätsstörung, deren diagnostischer Aussagewert als gering einzuschätzen ist, sollte der Überprüfung der Sekretionsstörung ein höheres Maß an Aufmerksamkeit geschenkt werden, da die qualitative und quantitative Erfassung derselben, Aufschluß sowohl in prognostischer als auch diagnostischer Hinsicht geben.

Die engen Verbindungen von sudori-sekretorischen mit sensiblen Fasern machen die Störungen der Schweißsekretion bei Läsionen gemischter Nerven verständlich, welche in ihrer topischen Ausdehnung denen der Sensibilität entsprechen.

Die Durchtrennung eines Nerven führt schon nach Minuten, wie die experimentellen Untersuchungen zeigen, zu einem Verlust der Schweißsekretion. Die mannigfaltigen Möglichkeiten der objektiven Messung der Störung machen den Untersucher von den Angaben des Patienten unabhängig, welche in bestimmter Absicht verfälscht werden können.

Mit Hilfe optischer, chemischer und elektrischer Methoden kann präoperativ festgestellt werden, ob eine vollständige oder partielle Durchtrennung eines bestimmten Nerven vorliegt. Die Tatsache, daß das Einsetzen der Schweißsekretion mit dem der Sensibilität zeitlich parallel verläuft, ermöglicht die laufende Überprüfung der Regeneration nach Neuropraxie, Axotomie bzw. nach Wiederherstellung der Kontinuität durch Naht oder Transplantat.

Trophische Störungen

Die neben den Motilitäts- und Sensibilitätsstörungen entstehenden trophischen Störungen an der betroffenen Extremität bei Verletzung peripherer Nerven ist von keinem diagnostischen Wert. Der Versuch, die bei vielen Fällen auftretenden trophi-

schen Störungen nach Nervenverletzungen einem Grad der Läsion zuzuordnen, führte zu keinem brauchbaren Ergebnis. Viele Faktoren, welche bei der Entstehung dieser Störungen verantwortlich sind, sind heute noch ungeklärt.

3.6. Diagnostische Hilfsmittel

Die klinischen Untersuchungsmethoden reichen meist nicht aus zur Lokalisation, zum Ausmaß und zur Prognose einer Nervenläsion erschöpfend Hinweise zu geben. Durch die elektrodiagnostischen und radiologischen Untersuchungen werden zusätzliche wertvolle Informationen gewonnen. Besonders die elektrodiagnostischen Maßnahmen setzen ein spezielles fachliches Können und Wissen voraus und sind deshalb meist an Fachabteilungen gebunden. Ihre Bedeutung ist unumstritten und auf die hierdurch erhältlichen Angaben sollte nie verzichtet werden.

Radiologische Untersuchung

Die Röntgennativdiagnostik spielt bei der Diagnostik peripherer Nervenläsionen nur in soweit eine Rolle, als sie Art und Umfang einer Knochenverletzung erkennen läßt, die gelegentlich die Läsion eines benachbarten Nervs verursacht, besonders, wenn dieser unmittelbar oder ungepolstert dem Knochen anliegt. So können Calviculafrakturen zu Plexusläsionen, Oberarmschaftbrüche zu Radialislähmungen, supracondyläre Humerursfrakturen zu Ulnarisverletzungen und Vorderarmfrakturen zu Verletzungen des N. medianus und N. ulnaris führen.

Besondere Bedeutung hat die cervicale Myelographie zur Beurteilung von Wurzelausrissen erlangt. Neben der traumatischen Meningocele von MURPHEY und Mitarbeitern 1947 erstmals beschrieben, sind auch andere myelographische Veränderungen als

Zeichen der Wurzelläsion anzusehen (SCHINDLER 1975). Bei 15 Patienten von 32, welche uns mit kompletten Armplexusparesen zugewiesen wurden, erfolgte in der Neuroradiologischen Abteilung des Hauses eine cervicale PANTOPAQUE-Myelographie. Der Vergleich des neuroradiologischen Befunds mit den Operationsbefunden ergab in 7 Fällen (47,6%) eine Übereinstimmung. In 5 Fällen (33,3%) zeigte der Operationsbefund einen weiteren als im Myelogramm ausgewiesenen Wurzelausriß. In 2 Fällen (13,3%) erwies der Operationsbefund, daß die Verletzung weniger stark ausgeprägt war, als nach dem Myelogramm angenommen wurde. In einem Fall ließ sich der myelographische Befund eines Wurzelausrisses operativ nicht nachweisen, da eine supraclaviculäre Freilegung nicht vorgenommen wurde.

Sieht man neben der traumatischen Meningocele die abnorme Zeichnung der lateralen Begrenzung der Kontrastmittelsäule (unregelmäßige Kontrastmittelansammlung, lateralkonvexe Ausbuchtung, medial konvexe Eindellung im Wurzelbereich) die scharfe, geradelinige Kontrastmittelkontur und eine Elongation der Wurzeltaschenzeichnung als Zeichen eines Wurzelausrisses an (SCHINDLER), findet sich eine richtige Befundung in 79,9%.

Obwohl die Aussagekraft dieser Untersuchung weitgehend unabhängig von dem Zeitpunkt zwischen Trauma und Untersuchung ist, sollte sie trotzdem sobald es der Allgemeinzustand des traumatisierten Patienten erlaubt, durchgeführt werden, da hierdurch Informationen erlangt werden, die für die weitere Prognose und Therapie entscheidend sein können.

[illegible]

Tab. 10 Gegenüberstellung des myelographischen Befundes zum Operationsbefund bei 17 kompletten Armplexusparesen mit Wurzelaustrissen.

(A Gruppe der Übereinstimmung, B Gruppe mit ausgeprägteren Verletzungen als im Myelogramm, C Gruppe mit geringerer Verletzung als im Myelogramm ausgewiesen).

4. OPERATIVES VORGEHEN

4.1 Voraussetzungen zur Operationsindikation

- 1) Keine Infektion, reizlose Wundverhältnisse
- 2) Stabilität des Skelettes
- 3) Gelenke müssen mobil sein
- 4) Atrophie der Muskulatur darf nicht extrem sein
(eventuell Biopsie zur Feststellung inwieweit
die Muskelfibrose fortgeschritten ist)
- 5) Postoperative Mitarbeit des Patienten muß gewährleistet sein

4.2 Schnittführung

Der von SAMII und Mitarbeitern bevorzugte zickzackförmige Hautschnitt beginnt mit einem Längsschnitt entlang des cranialen Randes der Clavicula, wird dann nach cranial dem lateralen Rand des M. sternocleidomastoideus erweitert, gelegentlich bis zum Mastoid. Lateral folgt der Hautschnitt dem Sulcus deltoideus pectoralis bis zur Achselhöhle. Nach Bedarf wird er verlängert dem Sulcus biceps brachii folgend am proximalen Oberarm. Diese Schnittführung gibt die beste Übersicht und führt zu wenig störenden Narben.

4.3 Technik der makroskopischen Freilegung

Nach dem Hautschnitt und Durchtrennung des Platysmas wird die Vena jugularis externa, welche das Operationsgebiet kreuzt, proximal und caudal unterbunden. Durch stumpfe Prä-

paration und Abschieben der großen Halsgefäße nach medial gelangt man auf den M. scalenus anterior. Lateral davon, stößt man auf die Wurzeln des Plexus brachialis beim Durchtritt durch die Scalenuslücke. Eine erste Beurteilung der Verletzungsfolgen wird möglich. Dann folgt die Darstellung des M. pectoralis major, welcher vom Schlüsselbein abgelöst, und an seiner Ansatzstelle der Crista tuberculi majoris humeri durchtrennt wird. Er wird nach medial umgeschlagen und fixiert. Der M. pectoralis minor wird gleichfalls an seiner Ansatzstelle, dem Processus coracoideus scapulae durchtrennt und nach caudal, medial umgeschlagen. Nun gelingt es, den Plexus brachialis in seiner gesamten Ausdehnung darzustellen. In der Form, daß sowohl von cranial wie von caudal, von den Bereichen ausgehend, wo eine eindeutige Identifizierung der Nerven möglich ist, mit der Neurolyse begonnen wird. Auf die Osteotomie der Clavicula wird meist verzichtet, da durch ein Anheben derselben ein ausreichender Überblick erreicht werden konnte, und hierdurch die Ausbildung einer Pseudarthrose vermieden wird.

4.4 Mikrochirurgisches Vorgehen

Der Plexus brachialis wird nun aus der meist supra- und infraclaviculär vorliegenden Fibrose, möglichst schonend, abgelöst. Liegt kein Kontinuitätsverlust vor, wird unter dem Operationsmikroskop eine intetfaszikuläre Neurolyse durchgeführt. Finden sich Defekte an den Nerven, werden der proximale und distale Stumpf nach Resektion des Neuroms und des Epineuriums in seine Faszikelgruppen aufgelöst und die einzelnen Faszikel durch spannungsfreie interfaszikuläre autologe Transplantate, möglichst gleichen Kalibers, mit 10x0 perineuralen Einzelnähten überbrückt.

Die autologen Transplantate werden je nach Bedarf gewonnen

durch Entnahme des N. suralis (25-40 cm), des N. cutaneus antebrachii ulnaris (20-27 cm) und des N. cutaneus antebrachii radialis (25 cm). Gelegentlich wird der N. ulnaris als Spendernerv verwandt, wenn eine Rekonstruktion desselben nicht möglich und eine große Anzahl von Transplantaten erforderlich ist.

Zur Überbrückung der Defekte werden im Primärstrangbereich 4-5 Faszikel benötigt, zur Rekonstruktion des N. medianus 2-5, des N. radialis 2-3, des N. musculocutaneus 1-3, des N. axillaris 2-3 und des N. ulnaris 3-4.

4.5 Intercosto-brachiale Anastomose (Intercostalistransfer)

Finden sich der Fasciculus lateralis oder die Wurzel C 5-C 7 zerstört, und ist eine Wiederherstellung nicht möglich, ergibt sich die Indikation zur Durchführung eines Intercostalistransfers.

Der Operationsschnitt wird auf die laterale Thoraxwand verlängert. Die Intercostalnerven werden in der mittleren Axillarlinie aufgesucht und hier durchtrennt. Mit Hilfe von Nerventransplantaten lassen sich die Intercostalnervestümpfe mit den entsprechenden Anteilen des Plexus brachialis oder bereits mit den peripheren Nerven distal des Plexus verbinden.

Diese Methode wurde bei unserem Krankengut nur bei den kompletten Plexusparesen angewandt, besonders zur Rekonstruktion des N. musculocutaneus und des N. axillaris.

Nach Beendigung des mikrochirurgischen Eingriffs erfolgt schichtweiser Wundverschluß und Ruhigstellung der Extremität durch einen DESAULT-Verband.

5. OPERATIONSBEFUNDE

5.1 Komplette Plexusparese ohne Wurzelausrisse

Nach Freilegung des gesamten Plexus fand sich durchweg eine ausgedehnte Fibrose im supra- und infraclaviculären Bereich. Bei einem Fall, einer Messerstichverletzung in das laterale Halsdreieck mit Austritt der Messerspitze in der Achselhöhle, fand sich eine geringe Fibrose, jedoch Durchtrennung des N. medianus, N. radialis und N. ulnaris. In 6 Fällen lag nur eine ausgedehnte Fibrose vor. Gehäuft fand sich eine Durchtrennung des N. musculocutaneus (4x), gefolgt vom N. medianus (3x), sowie des N. axillaris (2x) und des N. ulnaris (2x).

In einem Fall lag eine Teilschädigung der Wurzel C 6 und C 7 vor. Nach interfaszikulärer Neurololyse erfolgte eine Transplantation zwischen der Wurzel C 6 und dem N. musculocutaneus (1x10 cm) und N. axillaris (2x10 cm), der Wurzel C 7 und N. radialis (2x10 cm). Die Tabelle 11 zeigt die Operationsbefunde und die durchgeführten operativen Maßnahmen.

5.2. Komplette Plexusparese mit Wurzelausrissen

Auch bei diesen Fällen (17) lagen ausgedehnte Fibrosen vor. Jedoch fanden sich in nur 3 Fällen Kontinuitätsverluste der 3 Hauptarmnerven. Die Variationen der Wurzelausrisse sind aus Tabelle 12 zu ersehen.

Die operativen rekonstruktiven Maßnahmen beschränken sich hauptsächlich auf die Wiederherstellung des N. musculocutaneus, des N. axillaris und des N. medianus. War die Transplantation zwischen Wurzelstumpf und N. musculocutaneus nicht möglich, wurde die intercosto-brachiale Anastomose durchgeführt (9x).

Tab.11: Operationsbefund und operative Maßnahmen bei 15 kompletten Plexusparesen ohne Wurzelaustritte (A).

OPERATIVE
MASSNAHME

SC.CRANIALIS (7x9,5 cm)

MUSCULOCUTANEUS (1x7,5 cm)

-N.ULNARIS (3x10 cm)

SC.CRANIALIS (3x3 cm)

ULNARIS (1x11 cm)

N.MUSCULOCUTANEUS (3x10 cm)

N.AXILLARIS (2x10 cm)

CHT MÖGLICH

MUSCULOCUT. (1x5, 1x9 cm)

HT N.MEDIANUS

AXILLARIS (3x5 cm)

AXILLARIS (2x5 cm)

RAD. (5x8 cm) N.MED. (5x10 cm)

MUSCULOCUTANEUS (2x9 cm)

ZEICHENERKLÄRUNG:



KONTINUITÄTSVERLUST



TEILLÄSION



AUSGEPRÄGTE FIBROSE



MÄSSIGE FIBROSE



GERINGE FIBROSE

FALLZAHL	OPERATIONSBEFUND												OPERATION MASSNAHME						
	WURZEL- AUSRISSSE						FIBROSE		KONTINUITÄTSVERLUST										
	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	D 1	SUPRACLAVICULAR	INFRACLAVICULAR	AXILLAR	FASC. CRANIALIS	FASC. DORSALIS	FASC. CAUDALIS		N. MUSCULOCUTANEUS	N. AXILLARIS	N. MEDIANUS	N. RADIALIS	N. ULNARIS	
B 1				X				X	X							X	X	X	NEUROLYSE/TRANSPL. N. MEDIANUS N. RADIALIS
B 2				X	X			X	X										NEUROLYSE/ICBA: IC3 - N. AXILLARIS ICBA: IC4 - N. RADIALIS
B 3		X	X	X	X			X	X										NEUROLYSE
B 4				X	X			X	X				X	X	X	X	X		NEUROLYSE/ICBA: IC1,2 - N. AXILLARIS ICBA: IC2,3 - N. MUSCULOCUTANEUS
B 5				X	X			X	X										NEUROLYSE
B 6				X	X			X	X										NEUROLYSE/ICBA: IC1,2 - N. AXILLARIS
B 7		X	X	X	X			X	X										NEUROLYSE/ICBA: IC3,4 - N. AXILLARIS
B 8				X	X			X	X										NEUROLYSE/ICBA: IC3,4 - N. AXILLARIS
B 9		X	X	X	X			X	X										NEUROLYSE/ICBA: IC3 1+PECTORALIS
B 10		X	X	X	X			X	X										NEUROLYSE/ICBA: IC3,4 - N. AXILLARIS
B 11		X	X	X	X			X	X										NEUROLYSE/TRANSPL. C5 - N. AXILLARIS C5 - N. MUSCULOCUTANEUS
B 12		X	X	X	X			X	X										NEUROLYSE/ICBA: IC2 - N. AXILLARIS ICBA: IC3 - N. MUSCULOCUTANEUS
B 13		X	X	X	X			X	X						X		X		NEUROLYSE/ICBA: IC2,3,4+N. PECTORALIS -N. MUSCULOCUTANEUS (3)
B 14		X	X	X	X			X	X										NEUROLYSE
B 15		X	X	X	X			X	X										NEUROLYSE/ICBA: IC3,4 - N. AXILLARIS
B 16		X	X	X	X			X	X										NEUROLYSE
B 17		X	X	X	X			X	X										NEUROLYSE

Tab.12: Operationsbefund und operative
Maßnahmen bei 17 kompletten Plexus-
pareisen mit Wurzelausrissen (B).

IVE

HME

MUS (2x15 cm)
NIS (2x15 cm) N.ULNARIS Ø
LLARIS (2x24 cm)
IALIS (2x20 cm)

AXILLARIS (2x15 cm)
MUSCULOC. (2x15 cm)

MUSCULOC. (1x10, 1x12 cm)

MUSCULOC. (2x24 cm)

MUSCULOC. (2x12 cm)

AST - N.MUSC. (2x16 cm)

MUSCULOC. (2x7 cm)

MUSCULOC. (2x6 cm)
AXILLARIS (2x5 cm)

LLARIS (2x5 cm)
CULOC. (1x10 cm)

ECT.- N.AXILL. (1x2 cm)
x10 cm)-N.MED. (1x10 cm)

MUSCULOC. (2x7 cm)

ZEICHENERKLÄRUNG:



KONTINUITÄTSVERLUST



TEILLÄSION



AUSGEPRÄGTE FIBROSE



MÄSSIGE FIBROSE



GERINGE FIBROSE

5.3. Operationsbefunde bei der klassischen oberen- und unteren Armplexusparese

Komplette Obere

Bei den 6 Fällen mit einer typischen oberen Armplexusparese fand sich nur in 2 Fällen ein Wurzelausriß (1x C 4, C 5, C 6; 1x C 8). In einem Fall fand sich eine Teilläsion der Wurzeln C 5 und C 6 von über 50%, sodaß eine Resektion vorgenommen wurde und die Stümpfe durch Transplantate wieder vereinigt wurden.

Die fibrotischen Veränderungen beschränkten sich auf den supraclaviculären Bereich. In nur einem Fall fand sich eine Durchtrennung des N. axillaris.

In 3 Fällen wurde die interfaszikuläre Neurolyse durchgeführt. In den 3 weiteren Fällen wurden zusätzlich Transplantationen erforderlich (Tabelle 13).

Komplette Untere

In den 2 Fällen der klassischen Kumke'schen Lähmung fand sich einmal ein Wurzelausriß von C 7, C 8 und D 1 und einmal eine Durchtrennung des N. radialis und N. ulnaris. Im zweiten Fall gelang die interfaszikuläre Transplantation zwischen C 5 und C 6 mit dem lateralen Faszikel. Im ersten Fall erfolgte eine interfaszikuläre Transplantation am N. radialis und am N. ulnaris.

5.4. Operationsbefund bei atypischen Plexusparesen

Komplette obere/inkomplette untere

Bei den 12 Fällen mit dieser Verletzungsart fanden sich 2 Wurzelaustritte (1x C 7; 1x C 6). Die fibrotischen Veränderungen

Tab.13: Operationsbefund und operative
Maßnahmen bei 6 kompletten
oberen (C) und 2 kompletten
unteren (D) Armplexuspareesen.

OPERATIVE
MASSNAHME

N.AXILLARIS (3x8 cm)

C4 PROX. - C5 DIST. (3x6 cm)

C5 (2x4 cm), C6 (2x5 cm)

N.MEDIANUS (5x7 cm)

N.ULNARIS (3x6 cm)

C5 - FASC.LAT. (2x8 cm)

C6 - FASC.LAT. (1x7 cm)

ZEICHENERKLÄRUNG:



KONTINUITÄTSVERLUST



TEILLÄSION



AUSGEPRÄGTE FIBROSE



MÄSSIGE FIBROSE



GERINGE FIBROSE

waren in geringer Stärke im supra- und infraclaviculären Bereich vorhanden. In einem Fall fand sich eine Teilläsion des Fasciculus cranialis. In 5 Fällen fanden sich periphere Kontinuitätsverluste, wobei der N. musculocutaneus und N. axillaris jeweils dreimal beteiligt waren. Die operativen Maßnahmen konnten in 6 Fällen auf eine interfaszikuläre Neurolyse beschränkt werden. In den weiteren 6 Fällen waren zusätzlich Transplantationen erforderlich (Tabelle 14, Gruppe E).

Inkomplette Obere/inkomplette Untere

Bei den 4 Fällen mit inkompletter oberer/inkompletter unterer Plexusparese fand sich nur in einem Fall ein Kontinuitätsverlust zweier Nerven (N. musculocutaneus und N. medianus). Fibrosen lagen sowohl supra- als auch infraclaviculär vor. Transplantationen waren nur im erwähnten Fall erforderlich. Bei den übrigen Fällen wurde die interfaszikuläre Neurolyse durchgeführt (Tabelle 15, Gruppe F).

Inkomplette Obere/komplette Untere

Bei 3 dieser 5 Fälle fanden sich Wurzelläsionen (1x C 6, C 7, C 8; 1x C 7, C 8, C 1; Teilläsion C 6). Außer der Neurolyse waren keine weiteren operativen Maßnahmen möglich (Tabelle 15, Gruppe G).

Inkomplette Untere

Bei den beiden Fällen mit einer inkompletten unteren Plexusparese wurde in beiden Fällen die interfazikuläre Neurolyse durchgeführt (Tabelle 15, Gruppe H).

Tab.14: Operationsbefund und operative
Maßnahmen bei 12 kompletten
obere/inkompletten unteren
Armplexusparesen (E).

OPERATIVE
MASSNAHME

. N.MUSCULOC. (1x13 cm)
N.AXILLARIS (3x10 cm)

. N.MUSCULOC. (1x5 cm)
N.RADIALIS (3x12 cm)

. C5 $\swarrow$ C5 DIST. (2x4 cm)
C6 DIST. (4x5 cm)

. N.AXILLARIS (2x7 cm)

. N.MUSCULOC. (1x10 cm)
N.RADIALIS (3x5 cm)

. N.AXILLARIS (1x8 cm)
N.RADIALIS (2x8 cm)

ZEICHENERKLÄRUNG:



KONTINUITÄTSVERLUST



TEILLÄSION



AUSGEPRÄGTE FIBROSE



MÄSSIGE FIBROSE



GERINGE FIBROSE

OPERATIVE
MASSNAHME

MUSCULOC. (1x10 cm)
MEDIANUS (3x9,5 cm)

AXILLARIS (2x5 cm)

Tab.15: Operationsbefund und operative
Maßnahmen bei 4 inkompletten
oberen/inkompletten unteren (F),
5 inkompletten oberen/kompletten
unteren (G), 2 inkompletten unteren
(H) Armplexusparesen.

ZEICHENERKLÄRUNG:



KONTINUITÄTSVERLUST



TEILLÄSION



AUSGEPRÄGTE FIBROSE



MÄSSIGE FIBROSE



GERINGE FIBROSE

5.5. Zusammenfassung der Operationsbefunde

Bei den 63 Fällen fanden sich 64 Wurzelabrisse, wovon auf die 32 kompletten Plexuspareesen allein 50 entfielen (78,1%). Berücksichtigt man die Tatsache, daß nur 17 der 32 kompletten Plexuspareesen Wurzelausrisse aufwiesen, vereinigen diese somit 78,1% aller Wurzelabrisse auf sich. Am häufigsten zeigten sich bei den kompletten Plexuspareesen die Wurzeln C 6 (13x) und C 7 (14x) einen Abriß.

Bei den inkompletten Plexuspareesen waren die Wurzel C 7 und C 8 am häufigsten betroffen.

Primärstrangläsionen fanden sich insgesamt nur 5 (2x Fasciculus cranialis; 3x Fasciculus dorsalis). An Kontinuitätsverlusten fanden sich insgesamt 36 Läsionen (21 allein bei den kompletten Plexuspareesen). Am häufigsten lag ein Kontinuitätsverlust des N. musculocutaneus vor (9x), gefolgt vom N. axillaris und N. medianus (je 8x).

Die durchschnittliche Länge der interponierten Transplantate betrug im Primärstrangbereich 6,2 cm (maximal 9,5 cm; minimal 3 cm); am N. musculocutaneus 9,8 cm (maximal 16 cm, minimal 3 cm); am N. axillaris 7,3 cm (maximal 24 cm, minimal 2 cm); am N. medianus 10 cm (maximal 15 cm, minimal 7 cm); am N. radialis 11,5 cm (maximal 20 cm, minimal 3,5 cm) und am N. ulnaris 7 cm (maximal 10 cm, minimal 6 cm).

Die längsten Defekte lagen bei den Fällen einer kompletten Plexuspareese mit Wurzelausrissen vor. Hier betrug die durchschnittliche Defektstrecke 12,5 cm.

6. ERGEBNISSE

Die postoperativen Ergebnisse von Nervenläsionen, oder Transplantationen an einzelnen Armnerven lassen sich relativ gut beurteilen, da das Ausmaß der Wiederkehr der entsprechenden motorischen und sensiblen Funktionen, unter Berücksichtigung der SEDDON'schen Skalen, für die motorische und sensible Funktionswiederkehr ein allgemein brauchbares Einteilungsprinzip ergibt.

Durch die von ZACHARY zusammengestellten Ergebnisse der Nervenoperationen aus dem gesamten Weltschrifttum, wurden für die Beurteilung nützlicher Wiederherstellungsgrade bestimmte Funktionen gefordert. So für den N. ulnaris die Wiederkehr der Kraft in allen Mm. interossei, für den N. medianus die aktive Bewegung der langen Beuger und die Opposition des Daumens. Für den N. radialis die Kräftigung der Handstreckung, so daß gegebenenfalls eine Sehnennaht für die Fingerstreckung möglich ist.

Zur Beurteilung der postoperativen Ergebnisse bei Eingriffen am Plexus brachialis stehen keine allgemein gültigen Beurteilungsmerkmale zur Verfügung. Die übliche Einteilung in Besserung, unbedeutende Besserung und keine Besserung (RÖHLIG), wobei der Grad der Besserung meist noch gestaffelt dargestellt wird von gering, mäßig bis sehr gut (KLAR, LANGE, KROLL, RIECHER, WITT) erlaubt nicht, sich ein genaues Bild über das mögliche Ausmaß der Restitution zu machen, zumal die Definition dieser Begriffseinteilung meist fehlt. Der gelegentlich beschrittene Weg, eine Darstellung der Einzelfälle vorzunehmen (MILLES), ist zwar aufschlußreich, doch eine Gesamtübersicht läßt sich hierbei nur sehr schwer erarbeiten, da die Anzahl der vergleichbaren Fälle zu gering ist. Bei geringer Fallzahl läßt sich selten eine Aussage über den Wert

eines Eingriffs machen, da man berücksichtigen muß, daß nach den großen Statistiken der Anteil der Mißerfolge (nach Nerven-nähten und -transplantationen) durchschnittlich zwischen 20-30% liegt.

Zur Beurteilung der Ergebnisse des eigenen Krankenguts wurde im wesentlichen die für den Patienten im Alltag verwertbare Funktionsverbesserung herangezogen. Eine Heilung war weder bei den partiellen, noch bei den kompletten Armplexusläsionen zu erwarten und wurde unsererseits auch nicht beobachtet. Die Funktionswiederkehr gegen Widerstand von mindestens 2 Bewegungsabläufen in 2 verschiedenen Gelenken (z.B. Beugung im Ellenbogengelenk und Beugung im Handgelenk; Abduktion im Schultergelenk und Beugung im Ellenbogengelenk) wurde als verwertbare funktionelle Besserung aufgefaßt. Die Wiederherstellung einer Funktion, (z.B. Beugung im Ellenbogengelenk) wurde als geringe Funktion verzeichnet, auch wenn diese gegen Widerstand durchgeführt werden konnte. Beim Nachweis frustrierender Kontraktionen ohne Bewegungsausschlag wurde der Befund als gleich bezeichnet. Bei der Beurteilung der Ergebnisse der partiellen Armplexusläsion wurde die Rubrik "schlecht" notwendig, da wir in 4 Fällen eine Befundverschlechterung feststellen mußten. Hierbei handelt es sich um 3 Patientinnen, bei denen eine Neurolyse durchgeführt wurde, bei bestehender Kompression des Plexus brachialis aufgrund einer Strahlenfibrose nach Ablatio mammae. Bei diesen Patientinnen war es zu kurzzeitigen postoperativen Befundverbesserungen, in der Folgezeit jedoch zu einer Verschlechterung gekommen. Bei einem Patienten war die Beugefunktion im Ellenbogengelenk präoperativ erhalten und postoperativ nicht mehr durchführbar und blieb auch in der Folgezeit erloschen.

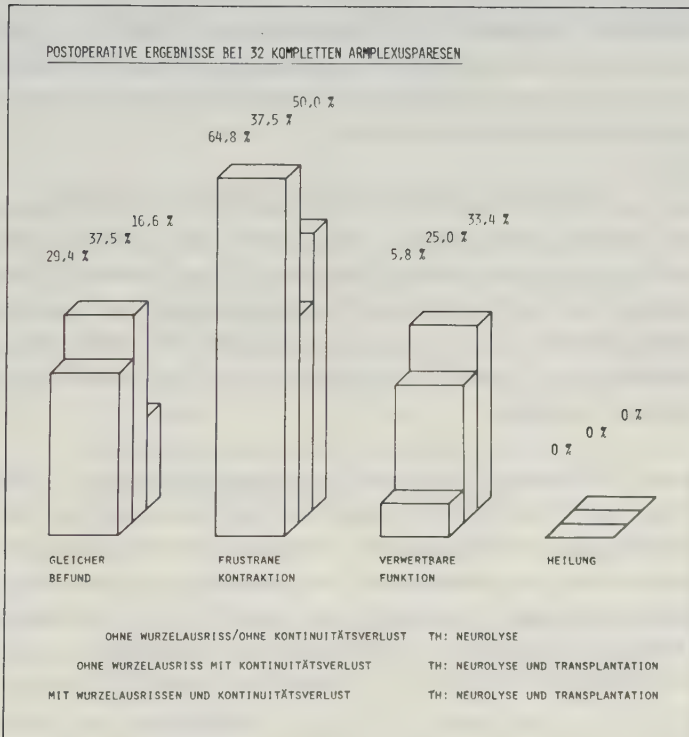
Postoperative Ergebnisse

Die Tabelle 16 gibt einen Überblick über das Gesamtergebnis. In nur 5 Fällen von 32 kompletten und 10 von 31 Patienten mit partiellen Armplexusläsionen, konnte eine funktionell verwertbare Besserung erreicht werden.

GESAMTERGEBNISSE						
	FALL ZAHL	SCHLECHTER	GLEICHER BEFUND	FRUSTRANE KONTRAKTION	BRAUCHBARE FUNKTIONS- VERBESSERUNG	HEILUNG
KOMPLETTE PLEXUSPARESE	32		31,2 %	53,2 %	15,6 %	0 %
INKOMPLETTE PLEXUSPARESE	31	12,9 %	29,0 %	25,8 %	32,3 %	0 %
KOMPLETTE OBERE	6	16,6 %		33,4 %	50,0 %	0 %
KOMPLETTE OBERE/INKOMPLETTE UNTERE	12	16,6 %	25,0 %	25,0 %	33,4 %	0 %
INKOMPLETTE OBERE/INKOMPLETTE UNTERE	4			25,0 %	75,0 %	0 %
INKOMPLETTE OBERE/KOMPLETTE UNTERE	5	20,0 %	80,0 %			0 %
KOMPLETTE UNTERE	2		50,0 %	50,0 %		0 %
INKOMPLETTE UNTERE	2		50,0 %	50,0 %		0 %

Tab. 16 Gesamtergebnisse nach operativen Eingriffen am Plexus brachialis.

Bei der Komplexität der Verletzung ist es nicht verwunderlich, daß die Ergebnisse von dem vorliegenden Schweregrad der Nervenläsion und den noch durchführbaren operativen Maßnahmen abhängig sind. Betrachtet man unter diesem Gesichtspunkt die Ergebnisse, so ergibt sich folgendes Bild bei der kompletten Plexusparesse.

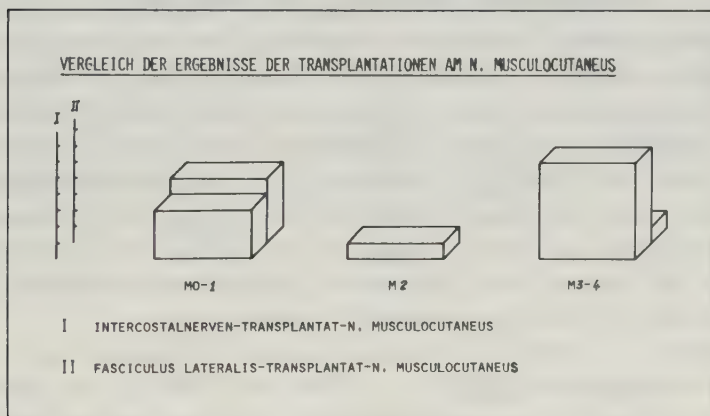


Tab. 17 Postoperative Ergebnisse bei 32 kompletten Arm-
plexusparesen.

1. Bei den Fällen, bei denen keine Wurzelausrisse und kein Kontinuitätsverlust im Bereich der Faszikel oder der peripher gelegenen Nerven vorlag, die Schädigung allein durch eine Fibrose verursacht worden war und die Therapie in einer ausgedehnten Mikroneurolyse bestand, wurde in 33,4% eine verwertbare funktionelle Besserung erreicht. Die Funktionswiederkehr kündigte sich meist schon nach 4-5 Wochen postoperativ an.
2. Bei den Patienten, bei denen zwar kein Wurzelausriss aber ein Kontinuitätsverlust eines oder mehrerer zum Armplexus gehöriger Nerven neben den immer vorgefundenen Fibrosen vorlag und bei denen als Therapie neben der interfaszikulären Neurolyse eine Transplantation durchgeführt wurde, konnte noch in 25% eine verwertbare funktionelle Besserung erreicht werden.
3. Lagen Wurzelausrisse oder eine paravertebrale Durchtrennung von Wurzeln neben anderen Schädigungen vor, so war das Ergebnis frustrierend, trotz der durchgeführten rekonstruktiven Maßnahmen. Nur bei einem Patienten (Fall 8) bei dem sich neben dem Ausriß der Wurzel C 7 nur eine Fibrose im supra- und infraclaviculären Bereich fand, konnte eine verwertbare funktionelle Besserung erreicht werden. Es kam zu einer guten Restitution der Funktionen des Schultergelenkes und zur Anbeugung im Ellenbogengelenk.

Im Rahmen der rekonstruktiven Maßnahmen wurde in 10 Fällen der 32 kompletten Plexusparesen eine inter-costo-brachiale Anastomose durchgeführt, welche erstmals 1973 hier angewandt wurde. Hierbei werden die proximalen Intercostalnerven (meist II, III und IV) freipräpariert und mit dem N. musculocutaneus anastomosiert. In der Regel werden Transplantate von 10-15 cm Länge benötigt. Die extremste Länge betrug 20 cm. Vergleicht

man die Ergebnisse bei den Patienten, bei denen eine Rekonstruktion der anatomischen Verhältnisse durchgeführt wurde, mit denjenigen, bei denen die intercostobrachiale Anastomose Anwendung fand, so zeigt sich, daß eindeutig bessere Ergebnisse durch die letztgenannte Methode erreicht werden (Tabelle 18).



Tab. 18 Vergleich der postoperativen Ergebnisse am N. musculocutaneus (I intercostobrachiale Anastomose; II interfazikuläre Transplantation).

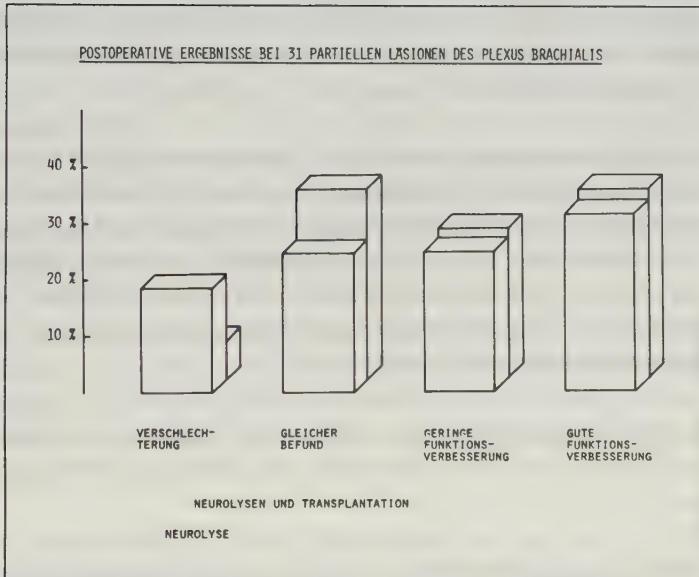
Von den 10 Fällen mit intercostobrachialer Anastomose (N. musculocutaneus) kam es bei 6 Patienten zu einer Wiederkehr der Beugefunktion im Ellenbogengelenk gegen Widerstand (M 3-4). In einem Fall zur Anbeugung gegen die Schwerkraft. Bei 3 Patienten konnte keine Befundverbesserung festgestellt werden. Bei nur einem Patienten von 5, bei denen die anatomischen Verhältnisse wieder hergestellt wurden (Transplantation zwischen Fasciculus lateralis und N. musculocutaneus) konnte eine Anbeugung des Ellenbogengelenks gegen Widerstand festge-

stellt werden. Bei den übrigen 4 Patienten war keine Befund-
änderung nachweisbar.

Postoperative Ergebnisse bei partiellen Armplexusläsionen

Erwartungsgemäß fanden sich bei den postoperativen Ergebnissen der partiellen Plexusläsion durchweg bessere Ergebnisse. In ca. einem Drittel der Fälle kam es zu einer guten Funktionsverbesserung. Bei den 4 Patienten, bei denen das postoperative Ergebnis schlechter war, handelte es sich dreimal um Patientinnen mit einer partiellen Plexusläsion infolge einer Radiatio nach Ablatio mammae. In allen 3 Fällen trat nach einer kurzfristigen postoperativen Befundverbesserung durchweg eine Verschlechterung ein, welche sogar das Ausmaß des präoperativen Zustands überwog. Bei einem Patienten mußten wir den Verlust der präoperativ vorhandenen Beugefunktion im Ellenbogengelenk postoperativ feststellen.

Die Tabelle 19 zeigt die postoperativen Ergebnisse bei 31 partiellen Plexusläsionen. Bei 7 Patienten wurden ein oder mehrere Wurzelausrisse nachgewiesen. Es wurde dreimal eine Neurolyse und viermal zusätzlich eine Transplantation durchgeführt. In nur einem dieser Fälle konnte eine verwertbare Funktionsverbesserung festgestellt werden.



Tab. 19 Postoperative Ergebnisse bei 31 partiellen Armplexusläsionen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Komplette Plexusparese

1. Die Neurolyse der durch Strahlenfibrose verursachten kompletten Plexusparese läßt keine wesentliche Befundänderung erwarten. Nach kurzzeitiger Befundverbesserung und Minderung der causalgiformen Schmerzen tritt der präoperative Zustand wieder ein.
2. Die traumatischen kompletten Plexusparenese, bei denen keine Wurzelausrisse und keine periphere Nervenläsion im Sinne eines Kontinuitätsverlustes vorliegen und bei denen die Schädigung nur auf eine Kompression durch Narbengewebe beruht, und die durch Neurolyse behoben werden kann, läßt in ca. einem Drittel der Fälle eine verwertbare Funktionsverbesserung erwarten.
3. Werden Transplantationen neben der Neurolyse erforderlich, ist nur in ca. 25% der Fälle ein gutes Ergebnis erreichbar.
4. Liegen Wurzelausrisse von mehr als 2 Wurzeln vor, so ist die intercostobrachiale Anastomose und die Ankylosierung des Schultergelenkes, sowie eventuell die Amputation der Hand, neben anderen orthopädischen Maßnahmen angezeigt. Andere rekonstruktive Maßnahmen haben in diesen Fällen zu keinem brauchbaren Ergebnis geführt. Der Gewinn der Beugefunktion im Ellenbogengelenk wird von den Patienten durchweg als Gewinn bezeichnet. Zusätzlich durchgeführte orthopädische Maßnahmen können das Ergebnis noch verbessern.

Inkomplette Plexusparese

1. Die Erfahrung, daß auch die Neurolyse eine dauerhafte Besserung einer durch Strahlenfibrose verursachten partiellen Plexusläsion nicht erwarten läßt, veranlaßt uns die Indikationsstellung zur Operation sehr zurückhalten zu beurteilen, zumal die Patientinnen dazu neigen, die nach vorübergehender Befundverbesserung aufgetretene Verschlechterung, dem Operateur anzulasten. Da wir, abgesehen von diesen Fällen, in keinem weiteren Fall bei dem eine Neurolyse durchgeführt wurde, eine Verschlechterung des Befundes feststellen konnten, müssen wir zu der Überzeugung kommen, daß diese Schädigung nicht allein auf der Kompression durch die Fibrose beruht.
2. Bei kompletter oberer, kompletter oberer/inkompletter unterer, sowie bei der inkompletten oberen/inkompletten unteren, sind durch die interfaszikuläre Neurolyse und Transplantation in ca. 50% der Fälle Funktionsverbesserung erreichbar.
3. Bei inkompletter oberer/kompletter unterer und der klassischen Kumpke'schen Lähmung, sind keine brauchbaren Ergebnisse zu erwarten.

7. DISKUSSION

Unverändert sind die Zweiradunfälle die häufigste Ursache der Plexusläsion. Bei unserem Krankengut 41,27% (d'AUBIGNE und DEBERGE 1967; RÜHLIG 1960; PERRICONE und ZERPA, MAURER; KRENKEL; MAZURA; FLEMMING; HEIPERTZ).

Im Krankengut von HÜBNER und RIECHWEIN waren die rechte und linke Extremität etwa gleich stark betroffen, wie im eigenen Krankengut (33:30).

Auch in der Alterverteilung ergaben sich keine Abweichungen gegenüber den Angaben in der Literatur. Die Jugendlichen und die jungen Erwachsenen zwischen dem 17. und 23. Lebensjahr sind die gefährdetste Gruppe, auch im Bezug auf die Schwere der Nebenverletzungen.

Abgesehen von der Tatsache, daß 50,8% des Krankengutes komplette Plexusparesen aufwiesen, fanden sich die klassische Obere bei 11,2% und die klassische Untere nur in 3,1% der Fälle. 34,9% zeigten atypische Lähmungsbilder. Dieses Verteilungsmuster findet sich auch bei PECINKA, GOLDHAHN, HÜBNER und RIECHWEIN.

Im Krankengut von PECINKA zeigten 5 Patienten (25%) eine HORNER-Syndrom; bei DENCKER fast die Hälfte, im eigenen Krankengut 19,6% der Fälle. Die Sensibilitätsausfälle zeigten die zu erwartenden Muster. Bei der oberen Plexusparese waren die Dermatome C 5 und C 6, bei der unteren Plexusparese die Dermatome C 8 und D 1 am häufigsten betroffen. Ebenso wie bei ROHR fanden sich im eigenen Krankengut am Rücken keine sicheren Algesiesegmenten C 5 bis D 1 zuzuordnende Felder. Wir fanden den "Segmentsprung" bestätigt.

Im Gegensatz zu d'AUBIGNE, welcher die kompletten Plexusparesen insgesamt auf Wurzelabrisse zurückführt, fanden wir bei

31 Patienten mit traumatischen kompletten Plexuspareesen, nur bei 17 Wurzelabrisse in wechselhafter Ausprägung. Auffallend war, daß periphere Kontinuitätsverluste bei den kompletten Plexuspareesen dann gehäuft zu finden waren, wenn entweder keine oder nur ein oder zwei Wurzelabrisse vorlagen.

Da bei den Traumen, welche eine Plexusläsion verursachen, meist lebensbedrohliche Zustände durch die Nebenverletzungen bestehen, kommt eine Primärversorgung der Nervenverletzung nicht in Frage. Die Diskussion, ob eine frühe Sekundärversorgung nach 3-4 Wochen oder eine spätere Revision vorgenommen werden soll, ist noch nicht abgeschlossen. Vor dem zweiten Weltkrieg wurde die frühe Sekundärversorgung propagiert (COLEMAN; MERREM; SEDDON; SILBER; SPURLING und WOODHALL). Durch die Fortschritte in der Elektromyographie und durch die Erfahrungen des zweiten Weltkrieges, wurde die spätere Revision vorgezogen. Allgemein setzte sich die Ansicht FOERSTER's durch, daß die Revision nach 4-6 Monaten durchzuführen sei, wenn eine spontane Reinnervation ausbleibt. Dieser Zeitraum ist jedoch nicht immer einhaltbar, da die Zuweisung an eine Neurochirurgische Klinik meist zu spät erfolgt (DENCKER; MERREM; GOLDHAHN). Im eigenen Krankengut erfolgte bei 14 Patienten (22,2%) die Zuweisung in den ersten 6 Monaten nach dem Trauma.

Nach den experimentellen Arbeiten von MILLESI und Mitarbeitern sowie von SAMII und Mitarbeitern, welche die Bedeutung der spannungsfreien Naht nachwiesen, hat sich die autologe interfaszikuläre Transplantation auch für kleinste Defekte durchgesetzt. MILLESI hat die Technik des Nerventransfers aufgegriffen in Form der intercostobrachialen Anastomose und 1975 über zufriedenstellende Ergebnisse berichtet. Seine Befundverbesserungen sind gegenüber den schlechten Erfahrungen von LURJE 1948 und TURNBULL 1948 auf die Anwendung der mikrochi-

rurgischen Technik zurückzuführen. SAMII wandte seit 1973 die intercostobrachiale Anastomose zur Rekonstruktion des N. musculocutaneus und des N. axillaris bei kompletten Armplexusparesen an und erzielte gute Ergebnisse.

Bedenkt man die Operationsmethoden, welche nur noch von medizinhistorischer Bedeutung sind, wie die Nervenpfropfung und die Nervenlappenbildung zur Überbrückung von Defekten, sowie die meist unter Spannung angelegten Nervennähte, auch in Entlastungsstellung, so erscheinen die in der Literatur angegebenen positiven Ergebnisse recht zweifelhaft (FOERSTER; KLAR; BATEMAN; ROHR; PECINKA; GÖGLER; LANGE).

Selbst der Vergleich der in neuerer Zeit veröffentlichten Ergebnisse von MILLESI mit unserem Krankengut ergibt Diskrepanzen. Bei den kompletten Plexusparesen verzeichnet MILLESI eine befriedigende Funktionswiederkehr in 61% der Fälle. Bei den partiellen Plexusparesen in 78% der Fälle. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Beurteilungsmaßstäbe für eine befriedigende Funktionswiederkehr unsererseits strenger gefaßt wurden. MILLESI bezeichnet die Funktionsrückkehr in einem Gelenk mit M 3 für befriedigend. Unsererseits wurde die Funktionswiederkehr in zwei Gelenken gegen Widerstand als brauchbare Funktionsverbesserung aufgefaßt.

Somit ergibt sich für unser Krankengut, für die komplette Plexusparesse unter außer Achtlassung der Fälle mit Wurzelaustrissen und Kontinuitätsverlust peripherer Nerven, ein brauchbares Ergebnis bei ca. 27% der Fälle. Bei den partiellen Plexusschäden sind die Ergebnisse bei der klassischen Oberen mit 50% am günstigsten. Für die distalen Lähmungstypen wird das Ergebnis zunehmend schlechter.

Abschließend dürfen folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

1. Totale Armplexuslähmungen bilden ca. die Hälfte der Armplexuslähmungen. Ihre Prognose ist nicht mehr als so ungünstig zu bezeichnen. In ca. einem Viertel der Fälle kann ein brauchbares postoperatives Ergebnis erreicht werden.
2. Von den partiellen Lähmungstypen bietet die obere Plexusparese die prognostisch günstigste Ausgangssituation.
3. Da junge Männer das Gros der totalen und oberen Plexuslähmung darstellen, sollte spätestens 6 Monate nach dem Trauma beim Ausbleiben der Reinnervation die Freilegung vorgenommen werden. Dies erfordert eine zeitgerechte Zuweisung.
4. Die Verkehrsunfälle bilden 70% der Lähmungsursache.
5. Nach unserer Erfahrung sollte bei strahlenbedingten Plexusparesen keine Neurolyse vorgenommen werden, da keine dauerhafte Befundverbesserung erreichbar erscheint.
6. Die zervikale Myelographie, in Verbindung mit der elektromyographischen Verlaufskontrolle, erleichtern die Indikationsstellung zur operativen Freilegung.
7. Die Tatsache, daß der posttraumatisch eintretenden Fibrose eine Hauptursache zur Entstehung der Lähmung zugemessen werden muß, neben den Schäden durch die direkte Gewalteinwirkung auf den Plexus brachialis, erfordert eine großzügige Freilegung und ausgiebige Neurolyse neben den rekonstruktiven Maßnahmen.
8. Bei peripheren Kontinuitätsverlusten sollten in erster Linie diejenigen Nerven wieder hergestellt werden, welche für die Innervation der Schulter- und für die Antigravidi-

tätsmuskulatur des Ober- und Unterarmes verantwortlich sind.

9. Bei Anwendung der mikrochirurgischen Operationsmethode zeigt die intercostobrachiale Anastomose insbesondere für die Rekonstruktion des N. musculocutaneus und N. axillaris brauchbare Ergebnisse.
10. Die neurochirurgisch erreichbaren Ergebnisse können nach Abschluß der Reinnervation, in der Regel nach ca. 1 1/2 bis 2 Jahren, durch orthopädische Ersatzoperation gelegentlich verbessert werden.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Ein eigenes Beobachtungsgut von 63 Patienten mit Armplexusparesen der Jahre 1969 bis 1975 aus der Neurochirurgischen Universitätsklinik Mainz wird analysiert. Besonderer Wert wird auf die Herausarbeitung typischer Lebensalter, typischer Unfallursachen, typischer Begleitverletzungen, Operationsbefunde und der sich daraus ergebenden operativen Maßnahmen für die jeweilige Form der Armplexuslähmung gelegt.

Die postoperativen Ergebnisse, insbesondere für die klassische obere Armplexuslähmung, sind als günstig zu beurteilen. Für die komplette Plexusparese gilt dies ebenfalls, wenn die Ursache nicht allein Wurzelaustritte ist. Für die distalen Lähmungstypen ist die Prognose weiterhin als ungünstig zu bezeichnen.

9. LITERATURVERZEICHNIS

1. ALVORD, E.G., Brace, K.C.: X-ray induced pyknosis of cerebellar granule cells in guineapigs and its suppression by barbiturate anesthesia.
J.Neuropath.exp.Neurol. 16, 3-12 (1957)
2. d'AUBIGNÉ, M.R.: A propos du traitement des pertes de substance nerveuse.
Mém.Acad.Chir. 72, 409-413 (1946)
3. d'AUBIGNÉ, M.R., Deberge, A.: Etiologie, évolution et pronostic des paralysies traumatiques du plexus brachial.
Rev.Chir.orth.rép.Appareil 53, 23-39 (1967)
4. BARNES, R.: Traction injuries of the brachial plexus in adults.
J.Bone.Joint Surg. 31 B, 10-16 (1949)
5. BATEMAN, J.E.: An operative approach to supraclavicular plexus injuries.
J.Bone.Joint Surg. 31 B, 34-43 (1949)
6. BENNINGHOFF, A., Goertler, K.: Lehrbuch der Anatomie Bd. III, 7. Aufl., München-Berlin 1964
7. BÖHLER, J.: Nervennaht und homioplastische Nerventransplantation mit Millipore-Umscheidung.
Langenbecks Arch.Klin.Chir. 301, 900-905 (1962)
8. BIELSCHOWSKY, M., Unger E.: Überbrückung großer Nervenlücken. Beiträge zur Kenntnis der Degeneration und Regeneration peripherer Nerven.
J.Psychol.Neurol.(Lpz) 22, 267-318 (1916-1918)
9. BJÖRKESTEN, G.: Behandlung von Verletzungen am Plexus brachialis. (Übersetzung Bundessprachenamt)
Nord.Med. 41, 211-215 (1949)
10. BJÖRKESTEN, G.: Nervennaht; Indikation, Technik und Ergebnis.
Med.Mitl.Mels.Bd 46, 116-141 (1972)
11. BONNEY, G.: Prognosis in traction lesions of the brachial plexus.
J.Bone.Joint Surg. 41, 4-11 (1959)

12. BORA, F.W.: Peripheral nerve repair in cats.
J.Bone.Joint Surg. 49, 659-666 (1967)
13. CAMPBELL, J.B.: Peripheral nerve repair.
Chir.Neurosurg. 17, 77-98 (1970)
14. COLEMAN, C.C.: Treatment of peripheral nerve injuries.
Trans.Amer.Neurol.Ass. 69, 51-55 (1943)
15. COLEMAN, C.C.: Surgical treatment of peripheral nerve injuries.
Surg.Gynec.Obstet. 78, 113-124 (1944)
16. COTTIER, H.: Strahlenbedingte Lebensverkürzung.
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 344-345 (1961)
17. COTTIER, H.: Histopathologie der Wirkung ionisierender Strahlen auf höhere Organismen.
In Handbuch der med.Radiologie Bd. II
18. DANILEWICZ, B.: Results of the operative treatment of posttraumatic lesions of brachial plexus.
Pol.Prz.Chir. 38, 1057-1062 (1966)
19. DEGTJAR, G.P.: Spätfolgen von Schußverletzungen der oberen Extremitäten (Übersetzung des Bundes-sprachenamtes 1966).
Voenno-medicinskij Zurnal 3, 18-20 (1976)
20. DEMMER, F.: Drei Verletzungen des Plexus brachialis bei Motorradfahrern.
Wien.med.Wschr. 1, 652-655 (1929)
21. DENCKER, J.: Klinisches Bild und Rehabilitation bei traumatischen Schädigungen des Plexus brachialis.
Dissertation München 1966
22. EDSHAGE, S.: Peripheral nerve injuries. Diagnosis and treatment.
New Engl.J.Med. 278, 1431-1436 (1968)
23. EDSHAGE, S.: Peripheral nerve suture.
Acta chir.scand., Suppl. 331, 1-104 (1964)
24. GOLDHAHN, G.: Plexus brachialis Verletzung.
Zbl.Chir. 92, 225-233 (1967)
25. GULEKE, N.: Verletzungen peripherer Nerven.
Bruns'Beitr.Klin.Chir. 98, 738-739 (1916)

26. HEIPERTZ, W.: Die orthopädische Schienen- und Apparatebehandlung bei Nervenverletzungen.
Hefte Unfallheilk. 81, 293-298 (1964)
27. HEIPERTZ, W.: Behandlungserfolge bei Plexusverletzungen an den oberen Extremitäten.
Unfallmed.Arbeitstagung, Baden-Baden 1965
28. HEISS, W.H., Faul, P.: Nervennaht mit Klebstoff.
Langenbecks Arch.Klin.Chir. 313, 710-713 (1965)
29. HELLINGER, H.: Zur Frage der Behandlung traumatischer Lähmungen des Plexus brachialis.
Beitr.Orthop. 11, 33-41 (1964)
30. HICKS, S.P., Montgomery, P.O.B.: Effects of acute radiation on the adult mammalian central nervous system.
Proc.Soc.exp.Biol. (N.Y.) 80, 15 (1952)
31. HICKS, S.P.: Effects of ionizing radiation on the adult and embryonic nervous system.
Ass.Res.nerv.Dis.Proc. 32, 439-446 (1953)
32. HOLDORFF, B.: Strahlenschäden des Armplexus aus neurologischer Sicht.
Diagnostik 13, 301-303 (1980)
33. HOPF, H.C.: Langsam wachsender Tumor in der Axilla.
Z.Neurol. 198, 120-124 (1970)
34. HÜBNER, K., Richwein, R.: Die Verletzungen des Plexus brachialis.
Beitr.Orthop. 12, 12-19 (1965)
35. JACOBY, W., Fahlbusch, R., Mackert, B.: Überbrückung peripherer Nervendefekte mit lyophilisierter und desantigenisierten homologen Transplantaten.
Münch.med.Wschr. 112, 586-589 (1970)
36. ISELIN, M., Iselin, F.: Traité de chirurgie de la main.
Editions Medicales Flammarion 351-354, Paris 1967
37. KAHLE, W.: Atlas der Anatomie Band III
Thieme-Verlag Stuttgart 1976 1. Aufl.
38. KLAR, E.: Zur operativen Behandlung peripherer Nervenlähmungen im Bereich der oberen Extremitäten.
Zbl.Neurochir. 19, 59-63 (1959)

39. KRENKEL, W.: Indikation zur operativen Behandlung peripherer Nervenverletzungen.
Med.Mitl.Mels. Bd 46 116, 127-140 (1972)
40. KRENKEL, W.: Die Technik der Nervenoperationen unter besonderer Berücksichtigung der Verletzungen des Plexus brachialis.
Hefte Unfallheilk. 81, 267-273 (1964)
41. KRENKEL, W.: Möglichkeiten und Grenzen der operativen Behandlung peripherer Nervenschädigungen.
Chir.Plastica Reconstr. 3, 21-31 (1967)
42. KUHLENDahl, H.: Behandlung peripherer Nervenverletzungen mit homologen Nervenimplantaten.
Z.Neurol. 202, 251-256 (1962)
43. KUNZE, K.: Diagnostik und Therapie peripherer Nervenschädigungen.
Med.Mitl.Mels. Bd 46 116, 95-110 (1972)
44. KURZE, Th.: Microtechniques in neurological Surgery.
Chir.Neurosurg. 11, 128-137 (1964)
45. LANGE, M.: Kriegsoorthopädie (Nervenschußverletzungen).
Enke Stuttgart 229-344 (1943)
46. LAUBENTHAL, F., Schliak, H.: Leitfaden der Neurologie.
Thieme Stuttgart 1967, 8. Aufl.
47. LEXER, E.: Muskelschnitte und muskuläre Neurotisation.
Bruns'Beitr.Klin.Chir. 141, 436-448 (1928)
48. LURJE, A.S.: Use of N. musculocutaneus for neurotization of N. radialis in casis of very large defects of the latter.
Anu.Surg. 128, 110-115 (1948)
49. MAURER, G.: Ergebnisse nach Nerven nähten.
Langenbecks Arch.Klin.Chir. 299, 171-184 (1961/62)
50. MAURER, G.: Plexusverletzungen und Wurzelausrisse am Arm.
Langenbecks Arch.Klin.Chir. 301, 868-872 (1962)
51. MAZUR, J.: Traumatische Läsionen des Plexus brachialis.
Beitr.Orthop. 11, 64-71 (1964)
52. MICHON, J., Masse, P.: Le moment optimum de la suture nerveuse dans les plaies du membre superieur.
Rev.Chir.orthop. 50, 203-212 (1964)

53. MILLESI, H., Ganglberger, J., Berger, A.: Erfahrungen mit der Mikrochirurgie peripherer Nerven.
Chir.Plast.Reconstr. 3, 47-55 (1967)
54. MILLESI, H.: Operative Behandlung verletzter peripherer Nerven.
In: Hefte zur Unfallheilkunde H. 117 336-371,
Berlin-Heidelberg-New York, 1974
55. MILLESI, H., Berger, A., Meissl, G.: Experimentelle Untersuchungen zur Heilung durchtrennter peripherer Nerven.
Chir.Plast. 1, 174-206 (1972)
56. MILLESI, H.: Indikation zur operativen Therapie bei Verletzungen des Armplexus.
Unfallmedizinische Tagung der Landesverbände der gewerbl. BG's, Heft 24 31-36 (1975)
57. MILLESI, H.: Zum Problem der Überbrückung von Defekten peripherer Nerven.
Wien.med.Wschr. 118, 182-187 (1968)
58. MILLESI, H.: The Interfascicular Nervegrafting of the Median and Ulnar Nerves.
J.Bone.Joint Surg. 54 A 4, 727-750 (1972)
59. MERREM, G.: Spätergebnisse nach Freilegung von Armplexusverletzungen.
Zbl.Neurochir. 29, 85-89 (1968)
60. MUMENTHALER, M.: Die neurologischen Ursachen der Brachialgien.
Orthopädie 1, 76-86 (1972)
61. MUMENTHALER, M.: Armplexuspareesen im Anschluß an Röntgenbestrahlung.
Schweiz.med.Wschr. 94, 1069-1075 (1964)
62. MURPHEY, F., Hartung, W., Kirklin, J.W.: Myelographic demonstration of avulsing of the brachial plexus.
Amer.J.Roentgenol. 58, 102-112 (1947)
63. NELSON, K.G., Jolly, P.C., Thomas, P.A.: Brachial Plexus Injuries Associated with missile wounds of the chest.
J.Trauma Vol. 8 2, 268-275 (1968)

64. NICKOLSON, O.R., Seddon, H.J.: Nerve repair in civil practice.
Brit.Med.J. 2, 1065-1071 (1957)
65. NIEDERMEYER, K.: Querschnittslähmung beim sog. Pancost-tumor.
Nervenarzt 30, 321-322 (1959)
66. NOMURA, S., Manabe, S., Toda, N., Higuchi, M.: A follow-up study of peripheral nerve sutures in the upper extremities.
Proceedings of the Eleventh annual meeting.
Hiroschima 36-38 (1968)
67. PECINKA, H.: Die operative Behandlung der traumatischen Lähmungen des Plexus brachialis.
Zbl.Chir. 85, 1678-1682 (1960)
68. PERRICONE, G., Zerpa, R.A.G.: Le paralisi traumatiche del plesso brachiale.
Chir.Org.Mov. Vol LII 1, 1-39 (1963)
69. REICH, H.: Osteoplastische Freilegung des Armgeflechts unterhalb des Schlüsselbeins.
Bruns'Beitr.Klin.Chir. 96, 152-158 (1915)
70. RÜHLIG, H.: Über Verletzungen des Plexus brachialis.
Zbl.Chir. 85, 345-354 (1960)
71. ROTHENBERG, M.A.: Studies on permeability in relation to nerve function. II Ionic movements across axonal membranes.
Bioch.Biophys.Acta 4, 96-102 (1950)
72. SAKELLORIDES, H.: Follow-up of 172 peripheral nerve injuries in upper extremity in civilans.
J.Bone.Joint Surg. 44, 140-148 (1962)
73. SAMII, M.: Die operative Wiederherstellung verletzter Nerven.
Langenb.Arch.Klin.Chir. 332, 355-362 (1972)
74. SAMII, M.: Die operative Versorgung peripherer Nervenverletzungen.
Therapiewoche 22, 2164-2170 (1972)
75. SAMII, M.: Use of microtechnique in peripheral nerve Surgery. Experience with over 300 cases.
Sonderdruck: Microneurosurgery, Hrsg. Handa, Tokyo 85-93 (1975)

76. SAMII, M.: Verletzungen der Hirnnerven und des Plexus brachialis.
In: Hefte zur Unfallheilkunde H. 117 372-376
Berlin-Heidelberg-New York 1974
77. SAMII, M.: Nerventransplantation-Brücke für den neuen Nerv.
In: Bild der Wissenschaft 3, 44-50 (1974)
78. SAMII, M.: Interfaszikuläre autologe Nerventransplantation.
Dtsch.Ärztebl. 70, 1257-1262 (1972)
79. SAMII, M.: Indication and operative technique of birth injuries of the brachial plexus.
aus: Progress in Paediatric Neurosurgery
(eds.: Bushe, K.A., Spoerri, O., Shaw, J.),
Hippokrates Verlag Stuttgart 243-245 (1974)
80. SAMII, M.: Die Wiederherstellung peripherer Nervenverletzungen mit freien Transplantaten.
In: Plastisch-chirurgische Maßnahmen bei Spätfolgen nach Unfällen.
Hrsg. F. Hollich & C. Walter, Stuttgart 1976,
174-184
81. SAMII, M., Schürmann, K., Scheinpflug, W.: Experimental studies comparing grafting with autogenous and irradiated freeze dried homologous nerves.
Mod.Aspects of Neurosurg. 3, 263-266 (1971)
82. SAMII, M., Wallenborn, R.: Tierexperimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Spannung auf den Regenerationserfolg nach Nervennaht.
Acta Neurochir. 27, 87-110 (1972)
83. SAMII, M., Wagner, D.: Ergebnisse der autologen Nerventransplantationen bei Läsionen kranialer und peripherer Nerven.
Ther.Umsch. 32, 453-460 (1975)
84. SEDDON, H.J.: A classification of nerve injuries.
Brit.med.J. 2, 237-239 (1942)
85. SEDDON, H.J.: Three types of nerve injury.
Brain 66, 237-288 (1943)
86. SEDDON, H.J.: Nerve grafting.
Ann.roy.Coll.Surg. 32, 269-280 (1963)
87. SEDDON, H.J., Medawar, P.B., Smith, H.V.: Rate of regeneration of peripheral nerves in man.
J.Physiol.Lond. 102, 191-215 (1943)

88. SEDEL, L.: Chirurgie traumatischer Läsionen des Plexus brachialis.
Nouv.Press.Med. 8, 691-706 (1979)
89. SILBER, W.: Surgery of peripheral nerves.
S.Afr.med.J. 20, 601-634 (1946)
90. SMITH, J.W.: Microsurgery of peripheral nerves.
Plast.Reconstr.Surg. 33, 317-329 (1964)
91. SOBOTTA-BECHER: Atlas der deskriptiven Anatomie des Menschen.
Urban & Schwarzenberg 1957, 15. Aufl.
92. SPURLING, R.G., Woodhall, W.: Experiences with early nerve surgery in peripheral nerve injuries.
Ann.Surg. 123, 731-748 (1946)
93. SUNDERLAND, S.: Rate of regeneration in human peripheral nerves.
Arch.Neurol.Psychiat. 58, 251-295 (1947)
94. SCHAAF, F.: Tubulisation von Nervennähten.
Langenbecks Arch.Klin.Chir. 301, 905-909 (1962)
95. SCHÄFER, A.: Zerreißung des ganzen Plexus brachialis durch stumpfe Gewalt.
Zbl.Chir. 61, 1399-1401 (1934)
96. SCHINDLER, E., Samii, M.: Pantopaque-myelographische Befunde bei Wurzelaustrissen des Plexus brachialis.
RöFo B 122 16, 528-533 (1975)
97. SCHLIAK, H.: Indikation zu konservativer und operativer Behandlung peripherer Nervenläsionen.
Med.Mitl.Mels. Bd. 46 116, 111-125 (1972)
98. SCHLIAK, H.: Die Verletzungsformen peripherer Nerven, ihre Erkennung und Behandlung.
Hefte zur Unfallheilkunde H. 117, 361-366 (1973)
99. SCHUM, P.: Verletzungen des Plexus brachialis.
Zbl.Chir. 63, 1541 (1936)
100. STAHL, I.: Verletzungen des Plexus brachialis.
Zbl.Chir. 26, 1541-1547 (1936)
101. TURNBULL, F.: Radial-median anastomosis.
J.Neurosurg. 5, 562-566 (1948)

102. WASCHULEWSKI, H.: Verletzungen des Plexus brachialis und der 1. Rippe durch Motorradunfälle.
Z.Orthop. 55-63 (1955)
103. WITT, A.N., Schader, H.: Plexusverletzungen, ihre Behandlung und Behandlungserfolge.
Arch.orthop.Unfallchir. 44, 108-129 (1949)
104. ZACHARY, R.B.: Results of nerve suture.
In: Peripheral nerve injuries 354-388
(ed.: Seddon, H.J.), London 1954
Her Majesty's Stationery Office

Mein aufrichtigster Dank gilt Herrn Prof.Dr.Dr.h.c. Kurt Schürmann, meinem hochverehrten Lehrer, unter dessen fürsorglicher Führung ich den entscheidenden Teil meiner beruflichen Ausbildung ableisten durfte.

Herrn Prof.Dr.D. Voth danke ich für die freundliche Beratung in allen Fragen und für die kritische Durchsicht der Arbeit.

Mein Dank gilt auch Herrn Prof.Dr.M. Samii für die Erlaubnis zur Auswertung der Krankengeschichten,

sowie

den Damen, welche mir bei den Foto- und Schreibarbeiten behilflich waren.

LEBENS LAUF

Am 21.02.1941 wurde ich, Dieter Wagner als Sohn des Facharztes der Chirurgie Dr. med. Andreas Wagner und seiner Ehefrau Ella, geb. Willersinn, in Frankenthal geboren. Das Zeugnis der Reife legte ich am 28.02.1962 am Staatl. Neusprachl. Gymnasium Bad Dürkheim ab.

Nach Ableistung des Grundwehrdienstes begann ich im SS 1964 das Studium der Humanmedizin an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, wo ich auch im WS 1970/71 die Ärztliche Prüfung ablegte.

Die Approbation als Arzt erhielt ich am 31.10.1971.

Anschließend begann ich meine Facharztweiterbildung zum Neurochirurgen, zuerst am Bundeswehr-Zentralkrankenhaus Koblenz, dann von 1973 bis 1977 an der Neurochirurgischen Universitätsklinik Mainz. Die Facharztanerkennung wurde am 03.10.1977 von der Bezirksärztekammer Rheinhessen ausgesprochen. Dann folgte noch 1 1/4 Jahr fachbezogener Tätigkeit am Bundeswehr-Zentralkrankenhaus Koblenz. Zum 31.12.1978 schied ich, auf eigenen Wunsch, aus der Bundeswehr, der ich von 1967 an angehörte aus. Seit diesem Zeitpunkt bin ich in eigener Praxis tätig.

